

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

VYHNÁLEK MICHAL

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

**HODNOCENÍ MAČKAVOSTI PLOŠNÝCH TEXTILIÍ
METODOU ÚHLU ZOTAVENÍ**

**EVALUATION CREASING OF FABRICS BY METHOD
RECOVERY ANGLE**

Vyhnálek Michal

KOD/2012/06/1/BS

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Katarina Zelová

Rozsah práce:	64
Počet stran textu	54
Počet obrázků	32
Počet tabulek	4
Počet stran příloh	10

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Vyhnálek**
Osobní číslo: **T09000337**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Technologie a řízení oděvní výroby**
Název tématu: **Hodnocení mačkavosti plošných textilií metodou úhlu zotavení**
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši zaměřenou na hodnocení mačkavosti plošných textilií. Charakterizujte mačkavost plošných textilií a parametry ji ovlivňující.
2. Proveďte průzkum zkušebních metod používaných pro hodnocení mačkavosti plošných textilií.
3. Experimentálně zhodnoťte mačkavost textilií pomocí nové inovované metody měřením úhlu zotavení pomocí web kamery.
4. Zhodnoťte vliv parametrů textilií na mačkavost. Na základě získaných výsledků formuluje závěrečné zjištění.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- ZELOVÁ, K. K problematice mačkovosti plošných textilií. SVOČ TUL. Liberec 2009. ISBN 978-80-7372-482-5.
- ZELOVÁ, K., and FRIDRICHOVÁ, L. Studie ohybové tuhosti a mačkovosti plošných textilií, TUL, Workshop pro doktorandy 2011. ISBN 978-80-7372-765-9.
- FRIDRICHOVÁ, L., and ZELOVÁ, K. Objective evaluation of multidirectional fabric creasing. Journal of the Textile Institute, 2011, 102: 8, 719-725.
- DAVIDKOVÁ, B. Vliv struktury textilií na tvarovou stálost plošných textilií. Bakalářská práce, TU Liberec 2010. Vedoucí práce: Ing. Katarína Zelová.
- DONG, X., ZHANG, J., AND ZHANG, Y., YAO, M. A study on the relaxation behavior of fabric's crease recovery angle. International Journal of Clothing Science and Technology, 2003.
- MERATI, A, PATIR, H. Anisotropy in wrinkle properties of woven fabri, The Journal of The Textile Institute, 2011, 1-8, iFirst Article.
- HEDFIA, H, GHITH, A., AND BELHADJSALAHA, H. Dynamic fabric modelling and simulation using deformable models. Journal of the Textile Institute, 2011, 102: 8, 647 - 667.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Katarína Zelová

Katedra oděvnictví

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Petr Tumajer, Ph.D.

Katedra textilních technologií

Datum zadání bakalářské práce:

1. listopadu 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

9. května 2012

prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.

děkan



doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2011

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL. Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne: 25.4.2012

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce ing. Katarině Zelové za všechny konzultace a poskytnutí nezbytných materiálů pro tuto práci. Další poděkování směřuje ing. Marii Koldínské za vstřícné uvedení do laboratoře KES, a také za vysvětlení měřených parametrů plošných textilií. Moji povinností je také v neposlední řadě poděkovat celé moji rodině, která mě podporovala po celou dobu mého bakalářského studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce je zaměřena na hodnocení mačkavosti tkanin pomocí inovované metody snímání úhlu zotavení web kamerou. V teoretické části jsou popsány parametry ovlivňující mačkavost. Také jsou prozkoumány metody hodnotící mačkavost. Experimentální část je zaměřena na zhodnocení mačkavosti tkanin pomocí web kamery. Z naměřených dat je zhodnocen vliv dostavy na anizotropii mačkavosti, vliv dostavy na rychlost zotavení textilie a závislost mačkavosti na ohybové a smykové tuhosti a ohybovém momentu hystereze.

KLÍČOVÁ SLOVA :

Mačkavost, úhel zotavení, anizotropie, inovovaná metoda, ohybová tuhost.

ANOTATION

This bachelor work is focused on the evaluation on creasing of fabrics using innovative method, scanning the angle recovery by using the web camera. In the theoretical part, parameters influencing creasing of fabrics are described. Also in this part are explore the evaluation of creasing methods. The experimental part is focused on the evaluation of fabric creasing by web camera. From the measured data is evaluate influence of textile sett on the anisotropy of wrinkling, the influence of textile sett on speed recovery dependence of creasing on bending and shear stiffness and bending moment of hysteresis

KEY WORDS :

Creasing, recovery angle, anisotropy, inovated method, bending rigidity

Seznam zkratek

α	úhel zotavení	[°]
α_1	úhel zotavení v první sekundě	[°]
α_{300}	úhel zotavení v třísté sekundě	[°]
ε_c	deformace celková	[%]
ε_E	deformace elastická	[%]
ε_P	deformace plastická	[%]
ε_Z	deformace viskoelastická (zotavená)	[%]
2HB (M)	ohybový moment hysterese	[N.m/m]
2HG	hysterese smykové síly při smykovém úhlu $\pm 0,5^\circ$	[N/m]
2HG5	hysterese smykové síly při smykovém úhlu $\pm 5^\circ$	[N/m]
Do	dostava osnovních nití	[nití/10cm]
Dú	dostava útkových nití	[nití/10cm]
G	smyková tuhost	[N/m.°]
h	tloušťka vzorku	[mm]
B	ohybová tuhost	[N.m ² /m]
K	křivost - lineární průběh hysteresečního grafu B, 2HB	[cm ⁻¹]
Mp	měrná plošná hmotnost	[g/m ²]
To	jemnost osnovních nití	[tex]
Tú	jemnost útkových nití	[tex]
Ø	průměr	
[°]	stupeň - úhlová míra	
%	procento - část z celku	
°C	stupeň celsia - jednotka teploty	
2D	dvojitý rozměr	
3D	trojrozměrnost	

cm	centimetr - délková jednotka
cca	circa - přibližně
fce	funkce
g	gram - hmotnostní jednotka
gf	gramforce-hmotnostní síla - jednotka napětí
IS	interval spolehlivosti
KES	Kawabata Evaluation System - přístroje pro měření mechanických vlastností tkanin
kg	kilogram - hmotnostní jednotka
KHT	Katedra hodnocení textilií
KOD	Katedra oděvnictví
m ²	metr čtverečný - jednotka plochy
m	metr - délková jednotka
mN	microNewton - jednotka síly
mm	milimetr - délková jednotka
min	minuta - časová jednotka
N	newton - jednotka síly
PL	polyester
PC	personal computer - osobní počítač
R ²	koeficient determinace
S	levý směr zákrutu
s	sekunda - časová jednotka
s	směrodatná odchylka
Stat	statistické
tex	jednotka jemnosti
TH7	přístroj pro měření ohybové tuhosti

v	variační koeficient
VI	viskóza
viz	podívat se
WO	vlna
Z	pravý směr zákrutu

Obsah

PROHLÁŠENÍ	5
Poděkování	6
ANOTACE	7
Seznam zkratk	8
Úvod	13
1 Charakteristika mačkavosti a vlivy jí ovlivňující	14
1.1 Jednotky mačkavosti	14
1.1.1 Deformace vzniklé při mačkání	15
1.2 Parametry ovlivňující mačkavost	17
1.2.1 Anizotropie mačkavosti	17
2 Metody hodnocení mačkavosti a ohybové tuhosti	19
2.1 Metody hodnocení mačkavosti	19
2.1.1 Hodnocení mačkavosti pomocí dutého válce	20
2.1.2 Úhlové metody	23
2.1.3 Metody hodnocení ohybové tuhosti	28
3 Experimentální část	32
3.1 Charakteristika použitých materiálů	32
3.2 Charakteristika použitých zařízení	34
3.2.1 Měření mačkavosti plošných textilií – inovovaná metoda měření úhlu zotavení	34
3.3 Vliv vazby a dostavy na anizotropii mačkavosti textilií	36
3.4 Vliv vazby a dostavy na rychlost zotavení textilií	41
3.5 Závislost mačkavosti na ohybové a smykové tuhosti textilií	45
4 Zhodnocení výsledků	47
5 Závěr	50
Použitá literatura	51
Seznam obrázků	53

Seznam tabulek	54
Přílohy	55

Úvod

Mačkavost je z pohledu běžného člověka hodnocena subjektivně, celkovým pohledem na plošnou textilii či oděv. Pokud uvažujeme, že mačkaná textilie má být oděv, tak logicky, z estetického hlediska jsou na ní vysoké nároky. Naopak, když na mačkanou (technickou) textilii nejsou velké nároky z hlediska estetiky a celkově plní svoji užitnou vlastnost, tak mačkavost zde nehraje nijak významnou roli. Musí se ale brát v úvahu, že vysoký stupeň mačkavosti tuto užitnou hodnotu snižuje.

Za důsledky mačkavosti můžeme brát vratné i nevratné (plastické) deformace, ze kterých se buď textilie zotaví či nikoli. Důsledky mačkavosti na plošné textilie jsou tedy různého rázu a to nejen vlivem mnoha okolních faktorů, ale i vlastnostmi a parametry textilie. Vlastnosti vláken spojené s druhem zvoleného způsobu vytvoření příze, budou mít také patřičný vliv, do jaké míry bude textilie zmačkaná. Mačkavost je dále ovlivněna podmínkami, kterým je textilie vystavená, respektive v jakých podmínkách jí nositel používá. Vyskytující se vlhkost, ať způsobená vnějším okolím či aktivitou jedince, pravděpodobně nepatří mezi kladné jevy při jakých by měla textilie relaxovat. Do těchto jevů také patří teplota a tlak.

Rozsáhlá četnost způsobů, jak hodnotit mačkavost, nabízí velký výběr metod. Při výběru metody, bude v první řadě kladená otázka, o jakou textilii se jedná a jak přesné musí být výsledky. Základním hodnotícím prvkem je zrak, který patří mezi subjektivní posuzování mačkavosti. K přesnému hodnocení se pak využívají potřebné akreditované zkoušky mačkavosti.

V této práci jsou popsány parametry ovlivňující mačkavost a výběr metod hodnotících mačkavost plošných textilií. Cílem této práce bylo zaměřit se na experimentální hodnocení mačkavosti pomocí webkamery a vyhodnocení zjištěné závislosti parametrů na výslednou mačkavost.

1 Charakteristika mačkavosti a vlivy jí ovlivňující

Mačkavost lze definovat jako souhrn všech deformací textilie způsobených nošením oděvu nebo vlivem nežádoucích sil, které působí na jednotné místo textilie. Dá se považovat za vlastnost, která ovlivňuje vzhled oděvu, nebo dané textilie. Je to také vlastnost textilií, která je ovlivněná okolními podmínkami, v jakých je textilie zatížena a v jakých se následně zotavuje [1]. Zotavení, neboli následné vrácení do původní polohy, ovlivňuje svým dílem i ohybová tuhost.

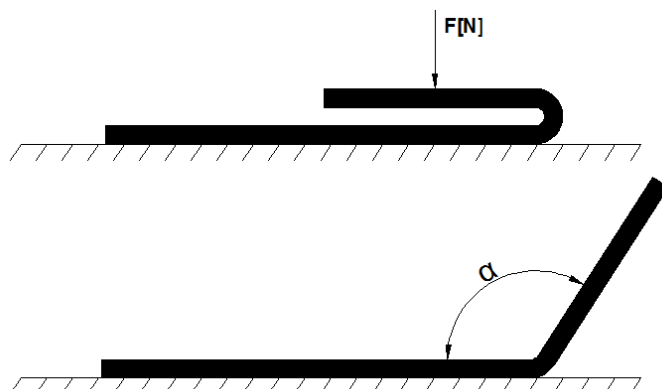
Vlivů a faktorů, které ovlivňují mačkavost plošných textilií je velké množství. Mačkání textilie i vrácení se do původní polohy je ovlivněno mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi textilie. V první řadě se ale musí dbát na základní parametry textilie a to na : druh a strukturu vlákna, na druhu zpracování vláken do příze a na konstrukci tkaniny. Tvar průřezu vlákna má také do jisté míry vliv na mačkavost, jak zkoumal Omeroglu ve své práci [2]: Vliv tvaru průřezu polyesterového vlákna na ohybovou tuhost, splývavost a schopnost zotavení textilií. Teplota, vlhkost i tlak jsou významnými činiteli, kterými je ovlivněno zotavení textilie z pomačkaného stavu. Vlhkost vytvořená aktivitou jedince, setrvává v pórech a zpožďuje zotavení textilie, tím vede k zvýšení mačkavosti tkanin. Důkazem toho jsou výzkumy Wilkinsona [1]. Délka času a směr přehnutí, ve kterém je daná plošná textilie zatížena jsou v konečném stavu také důležitými faktory ovlivňující zotavení textilie.

1.1 Jednotky mačkavosti

Mačkavost je přechodná deformace tkaniny, vzniklá tlakem při jejím praktickém užívání. Při běžném nošení se u většiny z oděvů mačkavosti nevyhneme. Je to nežádoucí vliv, který v mnoha případech kazí vzhled textilního výrobku. Proto je cílem mačkavost minimalizovat. Informace a data k určení velikosti mačkavosti se získají, když daný textilní materiál podrobíme určeným zkouškám a cílovému měření.

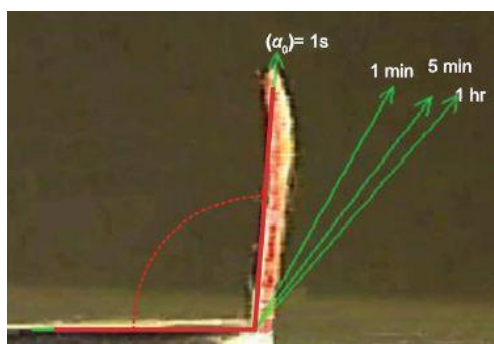
U každého měření získáváme výstupní data a hodnoty. Při měření mačkavosti je nejčastěji získávanou veličinou úhel zotavení. Tento úhel zotavení α [°], který svírá textilie po odstranění nežádoucích deformací se podle normy definuje jako míra mačkavosti tkaniny udávaná ve stupních [3]. Pro vyjádření mačkavosti se bere v úvahu

konečný úhel zotavení tzv. úhel po 5 minutách relaxace, jak popisuje Fridrichová a Zelová v práci: Studie tuhosti a mačkovosti plošných textilií [2].

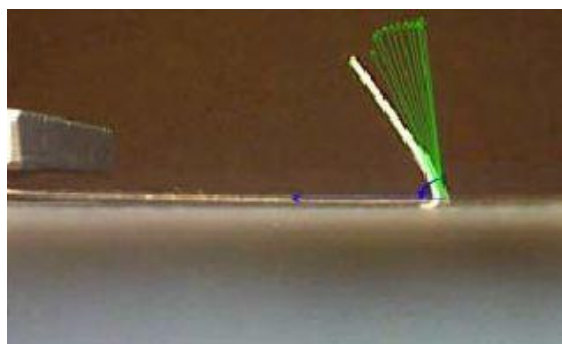


Obrázek 1: Úhel zotavení textilie [5]

V momentu, kdy se odstraní prvek způsobující mačkání, v tomto případě závaží, se textilie začíná vracet do své původní polohy, neboli zotavovat. Textilie se nejvíce zotaví v první sekundě po odstranění závaží. Rychlost zotavení se dá definovat jako velikost zotaveného úhlu za daný čas, kde platí rovnice: Čím větší úhel zotavení, tím menší mačkovost textilie[2] .



Obrázek 2: Hodinová relaxace po odstranění závaží [4]



Obrázek 3: Úhel zotavení v první sekundě [4]

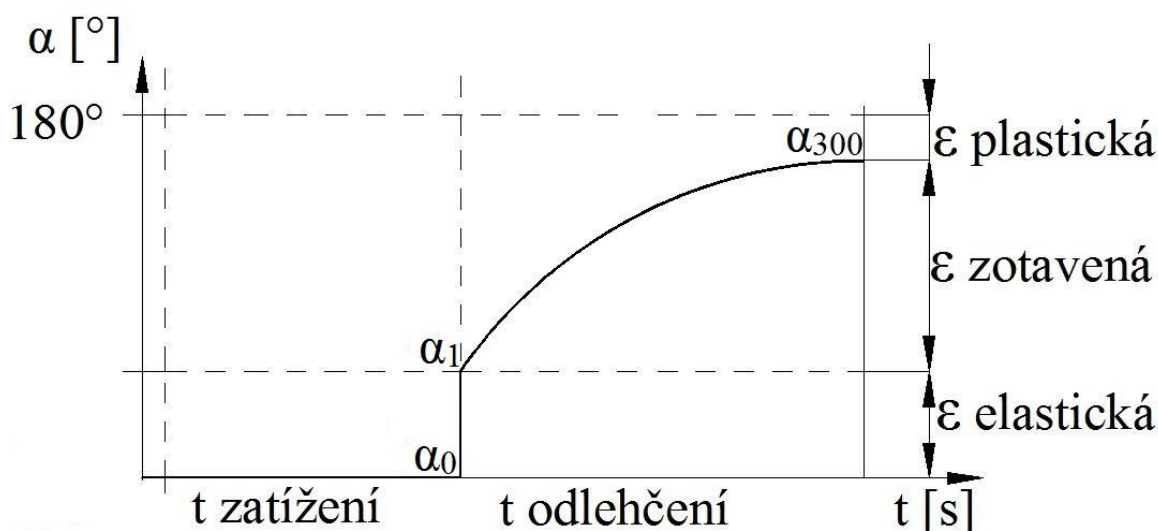
1.1.1 Deformace vzniklé při mačkání

Při používání metod zjišťujících mačkovost, textilií podrobujeme silám, které způsobují plastické (nevratné) deformace - záhyby a zmačkání. Každá deformace je součtem elastických a plastických deformací. V následujícím vzorci je znázorněn součet deformací vzniklé při mačkání, kde ϵ_c je celková deformace vzniklá součtem

elastické deformace ε_E , plastické deformace ε_P a viskoelastické (zotavené) deformace ε_Z [5].

$$\varepsilon_c = \varepsilon_E + \varepsilon_P + \varepsilon_Z \quad v [\%] \quad (1)$$

V čase odlehčení se textilie dostane na okamžitý úhel elastické deformace α_0 a začíná zotavovat. Po uplynutí doby odlehčení, jak je znázorněno na obrázku 4, je vidět velikost deformace zotavené (hodnota $\alpha_1 - \alpha_0$). Zbytkový úhel ($180^\circ - \alpha_1$) znázorňuje velikost plastické deformace [6].



Obrázek 4: Průběh deformace vniklé po odlehčení vzorku (zotavení) [5]

ε_E - deformace elastická - závisí především na velikosti zatěžovací síly a délce času zatížení právě tak, jako na fyzikálních podmínkách během zatížení (vlhkost, teplota). Tuto deformaci vzniklou v první sekundě po odlehčení, můžeme vyjádřit:

$$\varepsilon_E = \frac{\alpha_1}{180} \times 100 \quad v [\%] \quad (2)$$

ε_Z - deformace viskoelastická (zotavená) - k těmto deformacím dochází s časovým zpožděním po sejmutí závaží a k překonání těchto deformací jsou potřeba zotavovací schopnosti textilie. Je dána vztahem:

$$\varepsilon_Z = \frac{(\alpha_{300} - \alpha_1)}{180} \times 100 \quad v [\%] \quad (3)$$

ε_P - deformace plastická - závisí na množství vazeb ve vláknech, které byly trvale přestavěny nebo přetrženy, dána vztahem:

$$\varepsilon_E = \frac{(180 - \alpha_{300})}{180} \times 100 \quad \text{v [\%]} \quad (4)$$

Označení:

- α_1 – úhel zotavení v první sekundě po sejmutí závaží
- α_{300} – úhel zotavení v 300 sekundě
- ε_E – elastická deformace
- ε_Z – viskoelastická (zotavená) deformace
- ε_P – plastická (trvalá) deformace [6]

1.2 Parametry ovlivňující mačkavost

Jak se lze dočíst výše, vlivů, které ovlivňují mačkavost je mnoho. Druh vlákna a konstrukce tkaniny, jsou parametry, které mačkavost ovlivní velkým dílem. Hustota provázání jednotlivých osnovních a útkových nití též ovlivňují mačkavost. Za velmi mačkové materiály lze považovat tkaniny s extrémní dostavou, ale i tkaniny s dostavou velmi řídkou. Silně nahuštěné osnovní i útkové nitě, které podléhají spojením třecích a soudržných sil se pak těžko zotavují.

1.2.1 Anizotropie mačkavosti

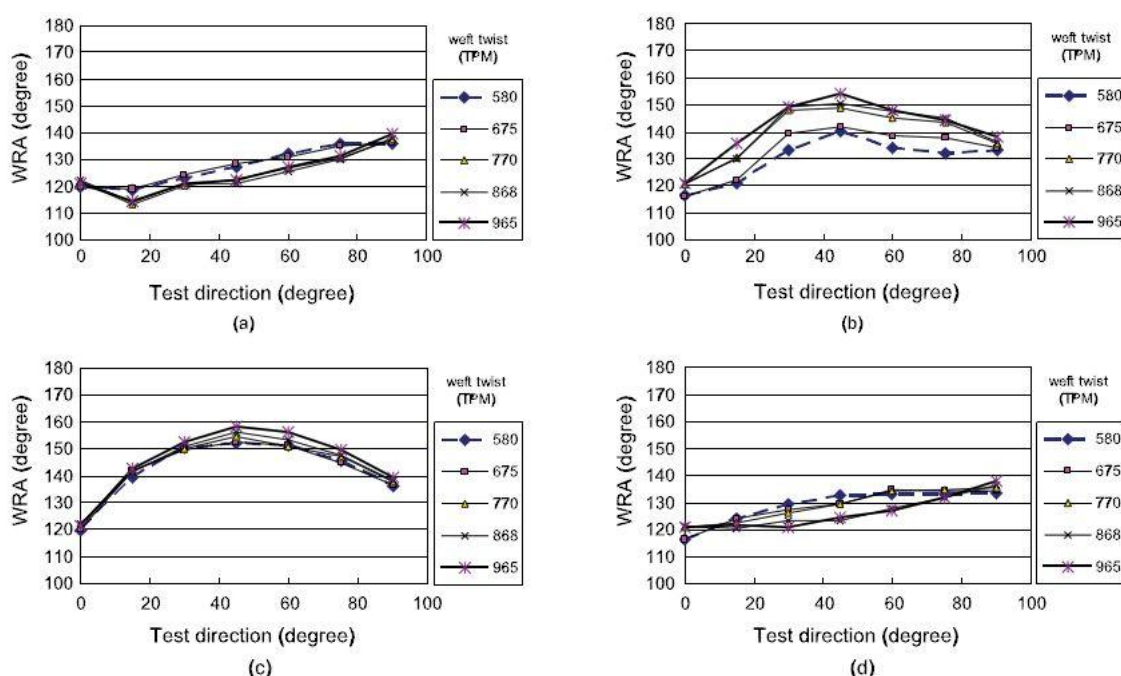
Anizotropie je závislost fyzikálních vlastností na směru, ve kterém se měří [3]. Anizotropie mačkavosti tkanin je vyjádřena závislostí úhlu zotavení na směru přehýbání, ve kterém je úhel měřen.

Mačkavost je ovlivněna měnícím se počtem nití v dostavě tkaniny. Vlivem dostavy a konstrukce tkaniny na anizotropii úhlu zotavení se zabývaly ve svém článku Fridrichová a Zelová [4], které pozorovaly zotavení vzorků plátňové vazby. Úhel zotavení se mírně zvětšil s rostoucím počtem přízí v dostavě útku, ale pokud se dostava útku rovnala dostavě osnovy, úhel zotavení se nezvětšil. Naopak, pokud byla hodnota dostavy útku větší než osnovy, pak hodnota úhlu zotavení klesala. Nízký úhel zotavení, může být vysvětlen takto: pokud existuje velký prostor mezi přízemi a zároveň je počet ohýbajících se nití nízký, pak jsou příze trvale deformované z důvodu nedostatečné energie pro zotavení. Tento případ může také nastat u tkanin s extrémním počtem nití v dostavě [4].

Anizotropie mačkavosti plošných textilií jsou obvykle prezentovány polárními diagramy, ve kterých je snadné poznat minima a maxima úhlu zotavení v různých

směrech. Dle normy pro stanovení mačkavosti se standardně měří úhel zotavení ve směru útku a osnovy. Tkanina ale není homogenní materiál a úhel zotavení nabývá rozdílných hodnot v různých směrech. Proto Zelová a Fridrichová [4] měřili kruhové vzorky po 30° od 0° do 150°, kde se při střížení nachází osová souměrnost vzorků (30° a 210°, 60° a 240°, 90° a 270° atd).

Mačkavost je do jisté míry také ovlivněna zákruty přízí, což dokazují Merati a Pathir v jejich článku [8]: Anizotropie vlastností tkanin při mačkání. Jejich zjištění ukazuje, že odpor proti mačkání se zvyšuje, pokud je mírně navýšen počet zákrutů útkové příze. Na obrázku 5 jsou vidět čtyři grafy, které ukazují různé objektivní výsledky.



Obrázek 5 : Ukázka měření Meratiho a Patira. Účinek obou úrovní zákrutů a směr přehybu na odpor mačkavosti tkanin[8]

Data pro tyto grafy byly získány měřením vzorků, které se lišily úrovní a směrem útkového zákrutu a také směrem přehýbání v závislosti na mačkavosti tkanin. Vzorky s útkovým zákrutem směru Z, skládané lícem k líci viz. graf a), ukazují lineární výsledky. Podobné výsledky jsou znázorněny v grafu d), u kterého měli vzorky útkové příze zákrut levého směru S a byly skládané rubem k sobě. Naopak grafy b) a c) na obrázku 4 mají aproximující konkávní průběh. To je dáno tím, že směr složení vzorku byl v místě ohybu totožný se směrem zákrutu příze. Vzorek grafu b), kde měl útek zákrut směru S, byl skládán lícem k líci. Zato vzorek grafu c) měl útek pravého

zákrutu Z a byl skládán rubem k rubu. Z těchto dvou konkávních grafů je možné tvrdit, že stejný směr zákrutu příze a stejný směr následného přehybu má pozitivní vliv na výsledný odpor proti mačkání, který se zvyšuje. Toto zjištění se shoduje s výsledky získané Steelem (1972), který měřil mačkavost pro celulózová vlákna.

Výsledky Meratiho a Patira ukázaly, že při stejném směru zákrutu příze, se stejným směrem přeložení vzorku je v bodu přehybu příze nahuštěná, tím se zvyšuje odpor proti zmačkání takto specifikované tkaniny. Také byl zjištěn výskyt anizotropie mačkavosti tkanin vyrobených přízemi s lišícími se směry zákrutů. Příkladem toho, je měření mačkavosti s útkem směru S, složené lícem k líci, u kterých jsou zjištěny průměrné narůstající změny zakřivení ve zkušebním směru od 0 do 90°. Tímto důsledkem se liší mačkavost v různých směrech, což je důkazem, že mačkavost je anizotropní vlastnost tkaniny [8].

2 Metody hodnocení mačkavosti a ohybové tuhosti

Metod, které měří mačkavost je velké množství. Seznámíme se s metodami, které hodnotí mačkavost objektivním spádem. Existují i metody, které mačkavost posuzují subjektivně.

2.1 Metody hodnocení mačkavosti

V dnešní době existuje široký výběr způsobů, jak hodnotit mačkavost plošných textilií. Výběr se však musí pečlivě zvážit, protože ne pro všechny druhy textilních materiálů jsou určeny všechny zkoušky. Důležité je si ujasnit, jak moc přesné hodnocení má v konečné fázi vypadat a jaký materiál s jakými vlastnostmi hodnotíme. Mezi méně přesné metody patří subjektivní hodnocení mačkavosti, u kterého se povrch zmačkané textilie porovnává s fotografickými nebo 3D etalony. Subjektivně lze také hodnotit ve skupině, protože každý jedinec může vidět zmačkaný povrch "svým okem". Od objektivních metod jak lze hodnotit mačkavost, se očekává přesnosti a přesného popisu provedení. Tyto metody jsou jinými slovy normovány. V těchto akreditovaných laboratorních zkouškách jsou popsány zkušební zařízení, na kterých jsou zkoušky prováděny, dále je popsána jejich podstata, rozměry vzorků, popřípadě jejich odběr.

Mezi základní hodnocení patří metoda sevřené pěsti, díky které lze subjektivně posoudit povrch zmačkané textilie. Vzorek se sevře pěstí na pět sekund a po tomto uplynulém čase se pozoruje zotavení, které se posuzuje pozorováním a srovnáváním.

Existuje, ale i fotografická metoda, kde se čtvercový vzorek upevní do dvou čelistí z nichž je jedna pohyblivá. Po zmačkání se pořídí fotografie vzorku, která je následně používána pro hodnocení pružnosti [9]. Hodnotit mačkavost lze ale i po praní. Vzorky 400 x 400 mm se zajistí v okrajích proti třepení a perou se dle předem připravené teploty. Poté se vysuší zavěšené vertikálně dolů, následuje porovnávání pomocí plastických etalonů od 1 do 5 při šikmém osvětlení. Metoda, která simuluje zotavení šatů a oděvů pověšených na ramínku se nazývá Empa. Jedná se o metodu měření okrajů, kde zkoušený vzorek (220 x 55 mm) je přehýbán formou skládačky a zatížen. Poté je vyvěšen v určitém čase, kde se porovnává jeho zotavená délka s délkou původní [6]. Nejčastěji používané normované metody pro hodnocení mačkavosti jsou: měření pomocí dutého válce a měření mačkavosti úhlem zotavení.

2.1.1 Hodnocení mačkavosti pomocí dutého válce

Jedná se o metodu měření mačkavosti, jež vytváří zmačkaný povrch plochy textilie. Zkoušený obdélníkový vzorek se kraji sešije k sobě, aby dostal tvar dutého válce a upne se do dvou kruhových čelistí s mírným napětím. Uprostřed čelistí je umístěn kolík s vodící spirálovou drážkou. Pro provedení zkoušky je třeba, aby se horní čelist dostala na doraz k té spodní. Tím dojde ke zmačkání válcové textilie ve smyslu stlačení, ale i ve směru pootočení horní čelisti. Po době zatížení se horní čelist zvedne do původní polohy a tkanina se vyjme z čelistí. Po rozebrání sešitých krajů, se tkanina porovnává s 3D etalony.

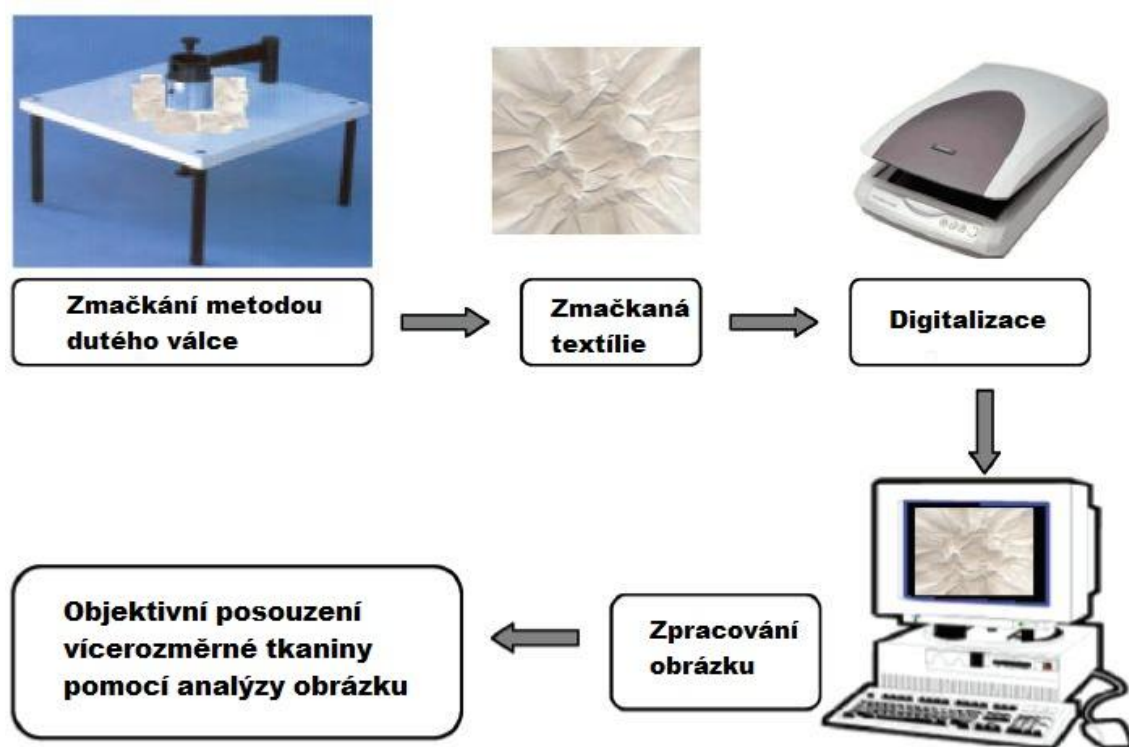


Obrázek 6: Dutý válec[9]



Obrázek 7: Etalony přiložené k nástroji [10]

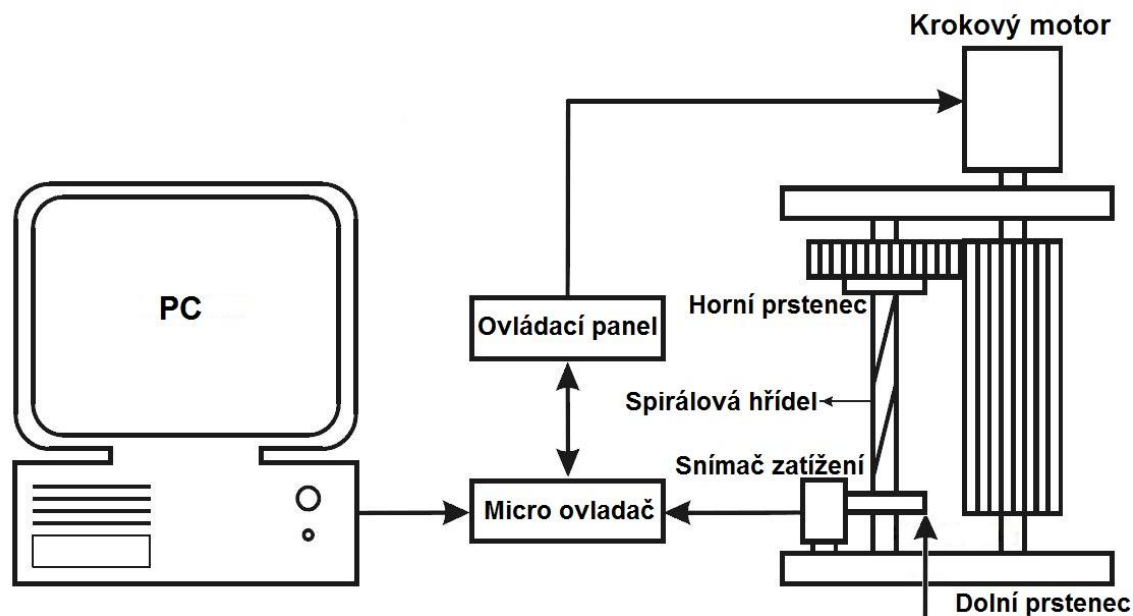
Způsob hodnocení může být subjektivní. Nacházíme ale také publikace, ve kterých se snaží o objektivní hodnocení zmačkaného povrchu textilie, respektive o hodnocení mačkavosti. U objektivního hodnocení je pak tento povrch snímán pomocí laseru nebo jiných zařízení. Podobnou metodou se zabýval sbor Tuniských pracovníků (R. Zaouali , S. Msahli , B. El Abed F. Sakli) [12] , kteří objektivně posuzovali vícerozměrné tkaniny pomocí analýzy obrázků. Ty byly vytvořeny pomocí snímání povrchu a následné digitalizace. Cílem jejich analýzy bylo třídění a usměrnění získaných dat jako: průměrná intenzita zmačkání, drsnost zmačkaného povrchu, objem zmačkání nebo hustota zmačkání [12].



Obrázek 8: Analýza obrazu zmačkání povrchu tkaniny [12]

Při mačkání textilie pomocí dutého válce je zapotřebí vyvinout určitou sílu. Tato síla je ovlivněna zkoušeným materiálem, ale také počtem otočení horního pohyblivého prstence. Ten je otáčen díky spirálové drážce, v níž je veden. Zjištění velikostí této síly pro třináct druhů tkanin keprové vazby, se podrobil sbor Íránských vědců (S Shaikhzadeh Najar, E. Hezavehi, Sh. Hoseini Hashemi, A. Rashidi) [13] , kteří sestrojili unikátní zkušební metodu pro zkoumání krouťacího a kompresního napětí a pro zjištění tangenciální síly, viz obrázek 9. Jejich dalším cílem bylo pozorovat chování

tkanin při různých úrovních rotací (obvodová rychlost a úhel stoupání). Základem jejich přístroje je klasický dutý válec a na něj jsou aplikovány potřebné elektrické a mechanické prvky. Konstantní pohon je zajištěn krokovým motorem. Ten rozpohybuje ozubené soukolí, na něž je napojen horní kruhový prstenec o průměru 90 mm, který se pohybuje směrem dolů po spirálové hřídeli. Pro experiment byli k dispozici tři takové to hřídele s různými úhly stoupání spirály ($24^{\circ}24'$, $32^{\circ}14'$ a 60°). Pro každou z nich byl celkový počet otočení horního prstence odlišný (0,75; 1 a 2,75).



Obrázek 9 : Schéma unikátního přístroje pro měření tangenciální síly [13]

Zkoušení probíhalo za třech obvodových rychlostí (6,81; 9,10 a 25 m/min). Horní prstenec se otáčel ve směru hodinových ručiček při pohybu dolů a snímač zatížení měřil tangenciální odpor proti spodnímu prstenci. Tato síla představuje údaj o mačkavosti vzorku. V momentu, kdy je možné vidět zkroucené vrstvy tkaniny, tak je zaznamenána první síla stlačení. Tento jev je vratný, deformace je pružná (elastická), ale při zvýšení krouticího napětí a tím i potřebné vyvinutí tangenciální síly dochází k třením mezi vlákny. Příze jsou namáhány na smyk a tkanina je trvale deformována. Zde zachycená síla roste nelineárně, se zvýšeným úhlem.

První zjištěné výsledky byly zaznamenány po měření, kde se zjišťoval vliv tkaniny na charakteristiky mačkavosti ve směru osnovy a útku. Při zkoušení osnovy byla zjištěna vyšší tangenciální síla než při zkoušení útku, protože vzorky testované ve směru osnovy vykazují vyšší tvarovatelnost a ohybovou tuhost než v útku.

Příkladem, kdy byla naměřena největší síla potřebná ke zmačkání je zkouška měřeného kepru $\frac{2}{2}$ s materiálovým složením 55% PL a 45% WO, který měl velkou tloušťku, vysokou hmotnost, tuhost ve smyku a tvarovatelnost. Protikladem, kdy byla naopak naměřena nejmenší síla, je vzorek tkaniny 65% PL a 35% VI. Ten měl nejnižší tloušťku, hmotnost a tvarovatelnost v porovnání s ostatními vzorky. To vypovídá, že tyto extrémní rozdíly v mechanických a fyzických vlastnostech tkaniny vedou k významnému rozdílu u těchto tangenciálních sil. Také bylo zjištěno, že polyesterové vzorky tkaniny vykazují vyšší tangenciální sílu, než vzorky porovnané s vlnou či viskózou, a to za předpokladu, že vzorky mají stejnou tloušťku a plošnou hmotnost [11].

Druhé měření se zaměřovalo na vliv úrovně rotace horního prstence, z níž byly zřejmé ohybové charakteristiky ve směru útku a osnovy. Evidované parametry byly: krouťící energie, tangenciální síla a hystereze ohybu. Podobně jako v předchozím experimentu, výsledky ukazují, že tangenciální síla a krouťící energie jsou významně vyšší než v útku. Ohybová hystereze vzorků tkaniny byla téměř stejná v osnově i útku. S rostoucí úrovní rotace nebo při zvýšeném krouťícím úhlu se tangenciální síla a krouťící energie nelineárně zvyšuje. Vzorky testované v útku vykazují částečné lineární zvýšení hodnot síly a krouťící energie. Také se ukázalo, že pro obvodové rychlosti 25 m/min byla tangenciální síla pro všechny typy vzorků stejná, ale ohybová hystereze byla významně snížena jak v osnově, tak v útku. Při těchto nejvyšších otáčkách měla tkanina tendenci být čistě zkroucena, zatímco u ostatních obvodových rychlostí byly vrstvy tkaniny současně krouceny a stlačovány. Tímto je dokázáno, že mačkání při obvodových rychlostech 25 m/min vede k nižší krouťící energii a tím k nižší ohybové hysterezi [13].

2.1.2 Úhlové metody

Mezi další objektivní metody se v každém případě řadí metody úhlové. Jsou to nejpoužívanější způsoby, jak lze objektivně hodnotit mačkavost. Principem těchto metod je přehnutí zkoušeného vzorku a zatížení závažím v čase. Výsledkem je velikost úhlu zotavení. Velikost zotaveného úhlu je dána schopností textilie zotavit se ze zmačkání.

a) Zjišťování mačkovosti - schopnost zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení

Toto zjišťování mačkovosti vychází z normy ČSN EN 22313. Podstatou zkoušky je předložený pravoúhlý vzorek předepsaných rozměrů, který se pomocí lisu s celkovou silou 10 N nechá zatížit na plochu 15 mm x 15 mm složeného vzorku.

Vzorky se odebírají z čisté nepomačkané předem připravené plošné textilie 50 mm od kraje o rozměru s délkou 40 mm a šířkou 15 mm . Dvacet zkoušených vzorků se standardně odebírá tak, že polovina odebíraných vzorků je kratší stranou rovnoběžná s osnovou (u tkanin) a druhá polovina je kratší stranou odebíraná rovnoběžně s útkem.

Zkušební vzorek se přeloží konci k sobě. Polovina vzorků se přeloží lícem k líci a druhá polovina rubem k rubu. Poté se vzorek umístí na označenou plochu spodní desky lisu. Vzorek se zatíží závažím lisu o váze 1 kg na dobu 5 min \pm 5 s. Po uplynutí doby se závaží ze vzorku plynule odstraní a vzorek se pinzetou přenesení do držáku zkušebního stroje. Po pěti minutách přítomnosti zkušební vzorku v držáku se podle stupnice změří úhel zotavení [14] (viz. obrázek 10.).



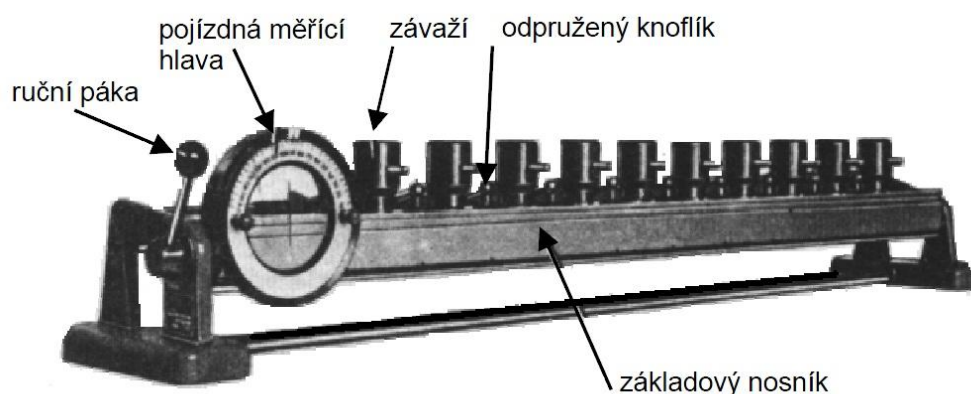
Obrázek 10: Přístroj pro měření úhlu zotavení [15]

b) Zkoušení mačkovosti tkanin dle ČSN 80 0819

Zkušební proužek tkaniny o rozměrech 50 x 20 mm se přeloží přesně po niti a na přeloženou část se položí závaží o váze 1 kg. Po uplynutí 1 hodiny se závaží odstraní a za 5 až 60 minut po odlehčení se změří úhel zotavení, který tvoří přehnutá část zkušebního proužku. Větší úhel zotavení znamená menší mačkavost tkaniny [3].

c) Měření mačkovosti přístrojem UMAK

Toto zařízení lze použít pro měření mačkovosti všech druhů plošných textilií. Na základovém nosníku jsou upínací čelisti pro 10 vzorků a pojízdná měřicí hlava. Čelist se otevírá odpruženým knoflíkem, který je spojen s vrchní planžetou. Na každou čelist dosedá závaží, které můžeme pootočit ruční pákou o 90° pro měření vzorku ve svislé poloze. Pojízdná měřicí hlava má kruhovou stupnici s dělením na stupně. Uprostřed stupnice je na skle vyznačena měřicí ryska [16].



Obrázek 11: Zobrazení přístroje UMAK [16]

Vzorky jsou totožné a stejně připravené jako v normě zkoušení mačkovosti tkanin dle ČSN 80 0819.

Podstatou zkoušky je, že se zkušební vzorek přeloží o 180° a zatíží na 60 minut závažím o hmotnosti 1000g. Po odstranění závaží měříme úhel zotavení po 5 minutách, tj. úhel vymrštění či okamžité deformace a po 60 minutách měříme úhel trvalé deformace [5].

Postup měření

Připravené vzorky upínáme do čelistí přístroje. Délka přeložení je různá podle plošné hmotnosti textilie:

- do 100 g/m² → přeložení 5 mm
- 101 až 500 g/m² → přeložení 10 mm
- nad 500 g/m² → přeložení 15 mm

Přeložení odměřujeme přímo v čelistech přístroje. Proužek textilie je správně přeložen, je-li jeho ohyb přesně na kraji lamely a po niti. První měření pro zjištění okamžité deformace provádíme 5 minut po uvolnění tlaku. Měření pro zjištění trvalé deformace pak po 60 minutách od uvolnění tlaku. Měření úhlu zotavení provádíme mezi vodorovnou základnou a volným ramenem pomocí pojízdné měřicí hlavy. Proužek po zotavení může mít různý tvar i sklon. Proto se odečítá jak na předním, tak na zadním kraji zkoušeného vzorku a zapisují se průměrné hodnoty [16].

Obdobným postupem měření je vybaven i *Fabric crease-recovery tester YG541E* [17], který pracuje na stejném principu jako UMAK. Rozdíl je, že tento inovovaný přístroj je automatický. Závaží je spouštěno řízeným mikropočítačem a měření úhlu zotavení je umožněno pomocí technologie laseru. Optoelektrické technologie zajišťují minimální výskyt lidské chyby, jinými slovy laser je přesnější a spolehlivější [17].



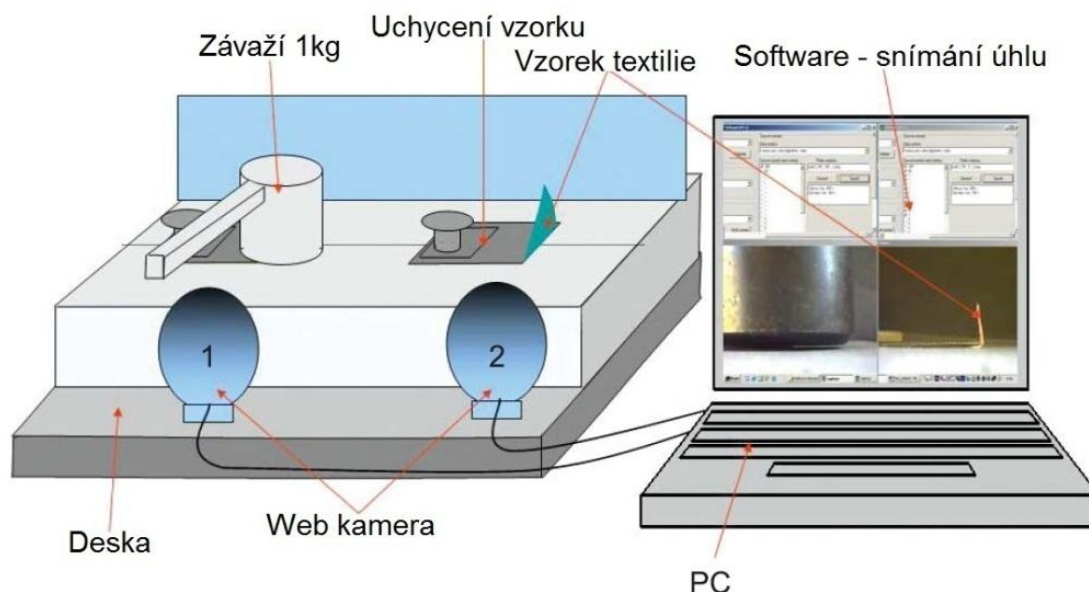
Obrázek 11: Přístroj pro měření mačkovosti - YG541E [17]

d) Inovovaná metoda snímání úhlu zotavení pomocí web kamery

Materiál je při běžném nošení mačkán nerovnoměrně, nehledě na to jakým směrem a jakou silou je namáhán. Cílem je tedy zjistit v jakém směru je materiál mačkový nejvíce a v jakém směru naopak nejméně. Pomocí dnešních moderních technologií, aplikovaných na původní princip zkoušek mačkavosti dle normy 800919, můžeme velmi přesně měřit a rychle získávat objektivní data. V případě snímání úhlu zotavení s použitím webkamery a počítačových softwarů jak uvádí Fridrichová a Zelová v práci [4] : Objektivní hodnocení mačkavosti ve více směrech, lze určit přesné hodnoty a s nimi pak dále digitálně pracovat.

Vzorky připravené pro snímání webkamerou měli půlkruhový tvar s poloměrem 4,5 cm. Vzorek byl přehýbán vždy kolmo na střiženou část. Tím pádem vzorek střižený ve směru osnovy byl přehýbán podél útku a naopak vzorek střižený ve směru útku byl přehýbán podél osnovy, viz experimentální část. Směr střížení kruhových vzorků se zvolil vždy s posloupností po třiceti stupních, jinými slovy ve směrech 0/180°, 30/210°, 60/240°, 90/270°, 120/300° a 150/330°.

Po dobu relaxace jednoho vzorku bylo zaznamenáno 24 fotografií. V prvních deseti sekundách, kdy má materiál největší snahu se zotavit, byla pořízena fotografie v každé sekundě. Další interval úhlu zotavení byl deset až šedesát sekund. Zde bylo pořízeno deset fotografií po pěti sekundách. Poslední interval byl od první do páté minuty, kdy byly pořízeny 4 fotografie v každé minutě. V každém směru bylo provedeno šest měření. To znamená, že pro jeden materiál se shodnými podmínkami bylo provedeno 36 měření. Pro shrnutí, každý vzorek byl zatížen 5 minut a 5 minut se zotavoval. Měření konečného úhlu zotavení probíhalo v softwaru NIS - Elements AR, díky kterému je možné interaktivní měření úhlu zotavení pomocí obsažené funkce "measure free angle". V této funkci se nachází jakési pohyblivé rameno. Díky němu lze přesunout referenční linii a umístit ji do ohybu textilie, aby kopírovala zotavující část vzorku textilie [1].



Obrázek 12: Snímání úhlu zotavení pomocí webkamery [4]

2.1.3 Metody hodnocení ohybové tuhosti

Tuhost v ohybu je fyzikální veličina, popisující odpor textilie proti deformaci (ohýbání) vnějším zatížením. Toto vnější zatížení je vyvozováno buď osamělou silou nebo spojitým zatížením vyvolané plošnou hmotností. Jako u mačkovosti, ohybovou tuhost ovlivňují dostava osnovy, útku, a druh vazby neboli konstrukce tkaniny [5].

Ohybová tuhost je závislá na ohybové tuhosti příze a způsobu provázání příze v tkanině. Díky ohybu se právě v provázaných bodech tkaniny, ale i mezi jednotlivými vlákny objevují třecí a soudržné síly. Při ohybu textilie se průřez nití zplošťuje a mění se ohybová tuhost nitě i ohybová tuhost samotné textilie. Větším počtem nití nebo pravidelným provázáním osnovních a útkových nití se zvyšuje ohybová tuhost textilie. V experimentu Zelové [2] byla prokázána závislost mačkovosti na ohybové tuhosti a na ohybovém momentu hystereze. Výsledky ukázaly, že více pružné textilie mají menší hysterezi ohybu, která ukazuje dobré relaxační vlastnosti. Můžeme předpokládat, že i menší mačkovost textilie. [2].

Parametry ovlivňující mačkovost, jako ohybová a smyková tuhost, se dají objektivně měřit pomocí následujících přístrojů. Na Katedře Oděvnictví Technické Univerzity v Liberci v laboratoři KES jsou přístroje FB1, 2 na kterých je možnost měřit právě ohybovou a smykovou tuhost. Ohybovou tuhost lze měřit také pomocí přístroje TH-7. Tento přístroj vyvinutý Fridrichovou L. [18] se nachází na Katedře hodnocení textilií.

2.1.3.1 KES - Kawabata Evaluation System FB2

Přístroje vyvinuté S. Kawabatou slouží k hodnocení mechanických vlastností plošných textilií, jako jsou: tah a smyk, stlačitelnost neboli komprese, dále povrchová drsnost a povrchové tření a v poslední řadě měření ohybové tuhosti [19] [20] .

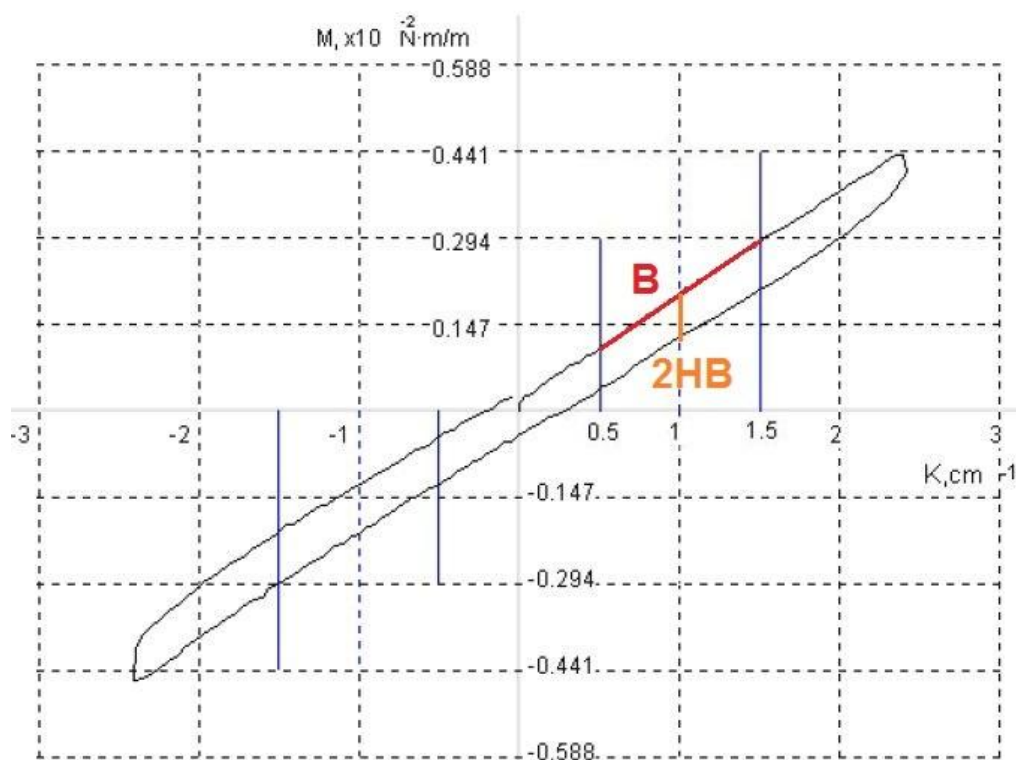
Modul FB2, pro měření ohybové tuhosti má dvě dvacetcentimetrové čelisti, vzdálené 1 cm od sebe, přičemž jedna je pohyblivá, druhá pevná. Vzorek testované textilie je ohýbán ve směru osnovy a útku do meze křivosti $K_m = \pm 2,5 \text{ cm}^{-1}$.



Obrázek 13: Reálný stroj FB2 pro měření ohybové tuhosti na KOD

Vyhodnocením ohybového měření jsou následující ohybové charakteristiky. Ohybová tuhost $B \text{ [N.m}^2\text{/m]}$ definovaná jako sklon přímky mezi hodnotami křivosti $K = 0,5 \text{ cm}^{-1}$ a $K = 1,5 \text{ cm}^{-1}$, nebo-li tangenta lineárního průběhu pracovního diagramu mezi hodnotami křivosti. Dále ohybový moment hystereze na jednotku délky $2HB \text{ [N.m/m]}$ na křivosti $K = 1 \text{ cm}^{-1}$, viz obrázek 14 [21] [22].

V okamžiku, kdy je vzorek textilie upnut a je spuštěno měření, elektromotor rozhybe klikovou hřídel, která uvede do přesné trajektorie pohybu zadní čelist. Tato čelist je zároveň čidlem potřebným pro určení hodnoty ohybové tuhosti. Průběh měření a zpracování výsledků je uskutečněno pomocí počítačového softwaru.



Obrázek 14: Závislost ohybového momentu vzorku pod definovaným zakřivením [21]

2.1.3.2 KES - Kawabata Evaluation System FB1

Pomocí přístroje FB1 se dá určit reakce plošných textilií za působení smykové síly. Měření probíhá v obou k sobě kolmých směrech tkanin, osnovy a útku tak, že přední čelist je pevná a zadní se pohybuje při konstantním napětí 10 gf/cm (odpovídá v 9,8 N) v rozmezí \pm úhlu smyku max. 8° .

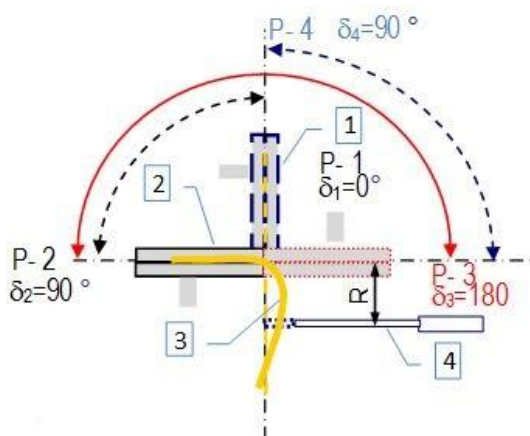


Obrázek 15: Ukázka měření tuhosti ve smyku pro osnovu tkaniny

2.1.3.3 Přístroj TH7

Ohybovou tuhost můžeme také měřit pomocí přístroje TH7, který splňuje požadavky zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií dle ČSN 80 0858. Byl navržen v rámci doktorské práce Fridrichové [18]. Její inovovaný přístroj se jako první podílel na měření vzorků při hodnocení anizotropie ohybové tuhosti textilií, čímž se zabývá ve své Habilitační práci [24]. Přístroj TH7 je následovník staršího typu TH5. Na přístroji TH5 bylo možné měřit pouze obdélníkové vzorky 2,5 x 5 cm. Přístroj TH7 se sestaven tak, aby změřil ohybovou sílu, hysterezní křivku ohybu, dále pak ohybovou sílu a hysterezní smyčku pro cyklické namáhání (pro 10 cyklů ohýbání) [24].

Na tomto inovovaném přístroji lze měřit vzorky rozměru, čtvercového, ale kruhového tvaru, díky kterému lze zkoumat anizotropii ohybové tuhosti. Přístroj TH-7 disponuje třemi rozsahy měření, od 40 mN do 4000 mN. Pro tkaniny a materiály se střední ohybovou tuhostí se využívá rozsahu 400 mN. Avšak maximální možná tloušťka zkoušky schopného materiálu musí být 1,5mm. Tento přístroj je sestaven tak, že měří ohybovou sílu [mN] pro různou šířku vzorku, max. 5cm. Doporučená délka by měla být 50 mm, ale lze měřit vzorky s délkou 25 mm.



Obrázek 15: Schéma ohýbání vzorku na TH-7. 1-upínací čelist. 2-otočená čelist do polohy 90°. 3- textilní vzorek. 4- čidlo snímající ohybovou sílu [24]



Obrázek 16: Ohýbání vzorku poloha 90°- líc [24]

Ze schématu přístroje TH-7 obr. 15 je vidět, že horní část vzorku je upnuta do pohyblivé čelisti (1). Tato čelist (1) s upnutým vzorkem (3) se otočí do polohy (2). Vzorek se dotýká čidla tvaru U (4) a to snímá ohybovou sílu. Díky tvaru čidla U lze měřit ohybovou sílu v obou směrech v rozsahu 180° [24].

3 Experimentální část

Experimentální část této práce je zaměřena na hodnocení mačkovosti textilií pomocí nové inovované metody snímáním úhlu zotavení pomocí web kamery. Sestrojením a uvedením do funkční podoby se ve své práci zabývá Zelová [25]. Zařízení pro snímání úhlu zotavení vzniklo ve spolupráci KOD s KHT, kde ho ve své práci popisuje Zelová a Fridrichová [4]. K vyhodnocení velikosti úhlu zotavení byl použit softwarový program Nis Elements AR, který přes svoji vestavěnou funkci "pohyblivé rameno" dokáže se svoji referenční linií kopírovat konečnou hranu zotaveného vzorku a tak změřit velikost jeho úhlu.

Hodnocenými parametry jsou:

- vliv vazby a dostavy na anizotropii zotavení
- vliv vazby a dostavy na rychlost zotavení textilie
- zjištění závislosti mačkovosti na ohybové tuhosti
- zjištění závislosti mačkovosti na ohybovém momentu hystereze
- zjištění závislosti mačkovosti na smykové tuhosti

3.1 Charakteristika použitých materiálů

Všech osm druhů tkanin (M37, M38, M39, M40, M41, M42, M43, M44) určených pro měření byly stejného materiálového složení 100% bavlna. Jemnost přízí pro byla všechny materiály stejná: pro osnovu 40 tex a pro útek 33 tex. Počet nití v dostavě osnovy byl stejný - 240 / 10 cm. Lišil se v dostavě útku a to pro materiály M37 - M40, kde bylo obsaženo 220 nití v 10 cm útku a pro materiály M41 - M44, kde bylo obsaženo 200 nití v 10 cm útku viz tabulka 1. V tabulce 1 jsou uvedeny další naměřené parametry pro tyto textilie jako: druh vazby, měrná plošná hmotnost, tloušťka, ohybová tuhost, ohybový moment hystereze, smyková tuhost, hystereze smykové síly při smykovém úhlu $\pm 0,5^\circ$ a hystereze smykové síly při smykovém úhlu $\pm 5^\circ$. Všechny tyto parametry byly poskytnuté ing. Zelovou, které byly změřené v rámci její disertační práci. [25]

Tabulka 1: Parametry použitých materiálů

	Vazba	Tú [tex]	Tú [tex]	Do [nití/10cm]	Dú [nití/10cm]	Mp [g/m ²]	h [mm]	B x 10 ⁻⁴ [N.m ² /m]	2HB x 10 ⁻² [N.m/m]	G [N/m/deg]	2HG [N/m]	2HG5 [N/m]
M37	plátno	40	33	240	220	171,7	0,38	0,1522	0,1815	2,74	6,20	7,51
M38	atlas	40	33	240	220	168,6	0,57	0,0889	0,0688	0,47	0,82	1,09
M39	kepr 1/2	40	33	240	220	169,9	0,21	0,1088	0,1144	1,16	2,61	3,50
M40	kepr 1/4	40	33	24	220	168,5	0,56	0,0939	0,0750	0,56	1,03	1,37
M41	plátno	40	33	240	200	166,1	0,19	0,1309	0,1625	2,24	5,17	6,52
M42	atlas	40	33	240	200	160,7	0,35	0,0818	0,0669	0,40	0,64	0,88
M43	kepr 1/2	40	33	240	200	163,3	0,22	0,1032	0,1048	0,92	1,92	2,72
M44	kepr 1/4	40	33	240	200	160	0,35	0,0903	0,0798	0,50	0,89	1,17

3.2 Charakteristika použitých zařízení

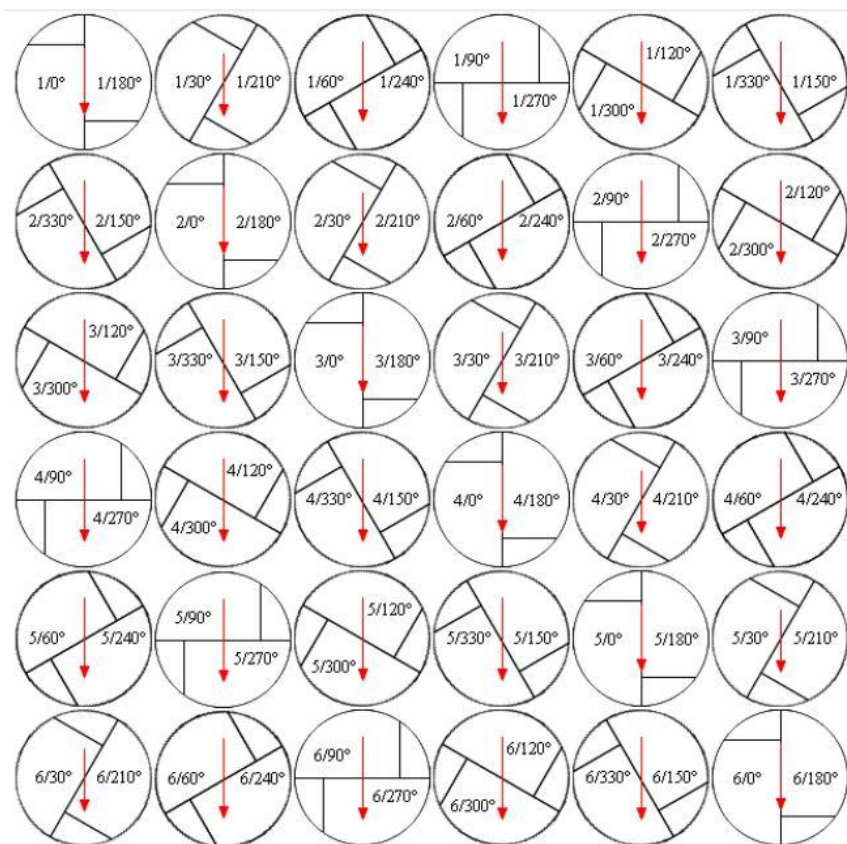
Při snímání úhlu zotavení pomocí web kamery bylo použito takových zařízení a nástrojů, které splňují všechny aspekty původní normy 800919. S pomocí digitálního přístroje Almemo 2290-4 VS byla zaznamenána relativní vlhkost $38\% \pm 2\%$ a teplota místnosti, ve které probíhalo měření 25°C s tolerancí $\pm 2^{\circ}$.

3.2.1 Měření mačkovosti plošných textilií – inovovaná metoda měření úhlu zotavení

Proces snímání web kamerou byl zapnut ihned po zatížení vzorku závažím. Snímky ukládané do PC. Díky nim bylo možné určit velikost úhlu zotavení pomocí softwaru.

1. Vzorky tkanin

Příprava kruhů určených pro vzorky o poloměru 4,5 cm probíhala přesným rozvržením 36 kruhů na plochu tkaniny cca 50 cm x 50 cm tak, aby byly shodné všechny rozteče následujících středů kruhů, viz obrázek 17.



Obrázek 17 : Znázornění rozmístěných kruhů na tkanině a vyznačení osy
[26]

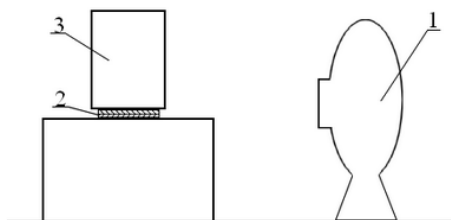
Ke zhodnocení vlivu dostavy na anizotropii mačkovosti bylo zapotřebí zjistit úhel zotavení nejen ve směru osnovy a útku, ale i v ostatních směrech. Proto půlkruhové vzorky vznikly rozpůlením kruhu středem, vždy s pootočením o 30 stupňů. Měření bylo tedy provedeno vždy po 30° a to 0°/180°, 300°/210°, 60°/240°, 90°/270°, 120°/300°, 150°/330°. Na všech vzorcích byl naznačen směr osnovy, úhel střížení a místo přehybu.

Pro jeden materiál bylo použito 72 vzorků, z čehož bylo pro každý směr přehybu k dispozici 6 vzorků. Vzorky byly přehýbány vždy jeden centimetr od kraje.

2. Snímání úhlu zotavení

Půlkruhové vzorky se přenášely pomocí pinzety a byly upevňovány pod nerezový plíšek. Ten byl připevněn k desce ve stejné výšce jako střed snímací čočky webkamery, jak je možné vidět na obrázku 18. Princip této metody byl popsán a znázorněn na obrázku 12 v teoretické části této práce při charakterizaci a průzkumu metod jak lze hodnotit mačkovost. Webkamera byla napojena na PC, do něhož byly zaznamenávány snímky úhlu zotavení ihned po uvolnění závaží, tedy čase 5 minut. Pořizované snímky úhlu zotavení byly ukládány v následujících intervalech:

- 10 snímků v intervale <1s - 10s> relaxace po 1s
- 10 snímků v intervale <10s - 60s> relaxace po 5s
- 5 snímků v intervale <1min - 5min> relaxace po 1min [1]



Obrázek 18: Snímání pomocí webkamery [26]. 1-Web kamera 2-Vzorek zatížené tkaniny 3-Závaží

3. Měření úhlu zotavení

Po shromáždění a následném utřídění dat, v tomto případě snímků, probíhalo měření úhlu zotavení softwarem Nis Elements AR. Jak bylo již uvedeno výše, program Nis Elements má vestavěnou funkci pohyblivého ramena „measure free angle“, díky které je schopno svoji referenční linii přesunout tak, aby kopírovala daný úhel zotavení, zobrazený na snímku pořízeném webkamerou. Takto se měřil úhel zotavení na každém pořízeném snímku. Naměřené data byly exportovány do programu Microsoft Office

Excel 2007, kde proběhlo utřídění dat a vypočítání základních porovnávacích statistik jako je průměrný úhel, variační koeficient, směrodatná odchylka či 95 % interval spolehlivosti.

3.3 Vliv vazby a dostavy na anizotropii mačkovosti textilií

Konstrukce tkaniny a počet nití v dostavě patří k hlavním ovlivňujícím parametrům mačkovosti. Ve starších metodách se mačkovost hodnotila převážně v osnově a útku. Ale díky kruhovým šablonám a možností vytvoření půlkruhových vzorků rozstřížením jakýmkoli směrem, dává za možné pozorovat úhel zotavení v různých směrech tkaniny, neboli zkoumat anizotropii mačkovosti.

Pro vytvoření polárního grafu, který vyznačuje anizotropii mačkovosti bylo zapotřebí utřídít data jednotlivých vzorků. K vyjádření anizotropie mačkovosti se použil průměrný úhel zotavení po pěti minutách relaxace α_{300} . Tyto průměrné úhly byly získány pro každý materiál ve všech směrech, jak je možné vidět v tabulce 2.

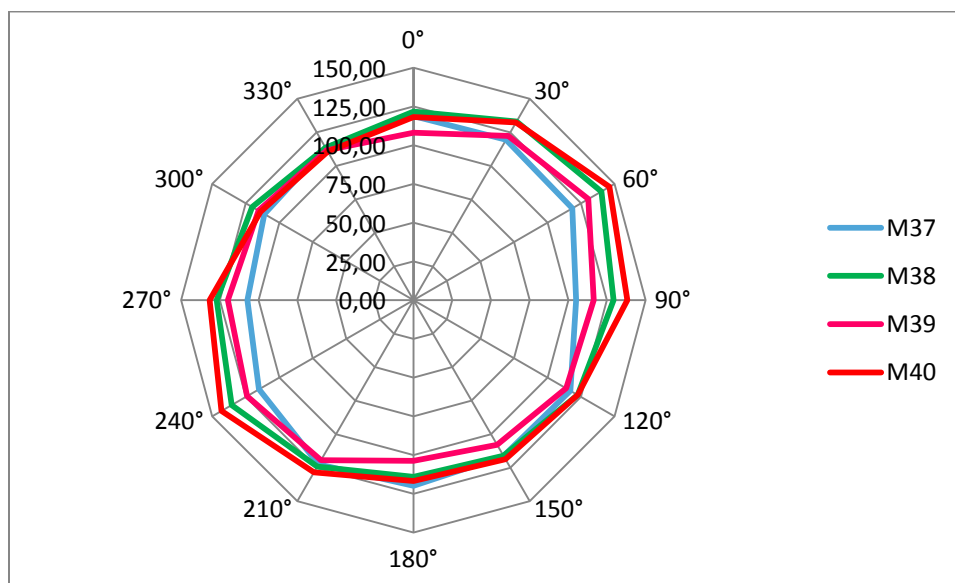
Tabulka 2: Průměrné úhly všech materiálů ve třísté sekundě

Materiál		M37	M38	M39	M40	M41	M42	M43	M44
α_{300} [°]	0°	118,75	121,69	108,09	118,17	115,12	127,25	117,01	121,29
	30°	119,51	133,09	122,49	132,5	120,52	133,38	130,49	136,08
	60°	118,46	140,17	130,42	146,15	118,25	144,03	135,84	143,29
	90°	105,00	129,17	116,34	138,09	102,04	136,66	126,75	136,08
	120°	116,96	122,43	113,90	122,5	109,81	123,07	113,28	123,42
	150°	116,32	116,08	107,95	118,77	117,47	122,60	112,01	120,27
	180°	119,93	114,15	103,74	116,83	114,42	118,88	115,91	115,99
	210°	122,49	124,19	119,28	128,47	117,30	131,17	126,84	131,78
	240°	115,17	135,49	124,15	143,02	119,98	139,04	136,86	138,35
	270°	107,14	126,98	119,73	131,52	105,19	135,58	122,53	135,70
	300°	111,07	120,19	115,48	114,07	109,71	121,18	110,58	118,13
	330°	113,51	113,64	111,75	110,75	114,15	118,16	111,13	115,53
Stat.	Ø	115,36	124,77	116,11	126,74	113,66	129,25	121,60	127,99
	s	5,08	8,13	7,31	11,17	5,59	8,22	9,19	9,43
	v [%]	4,29	6,51	6,29	8,81	4,92	6,36	7,56	7,37
	95%IS	111,29	118,26	110,26	117,79	109,18	122,67	114,24	120,44
		119,42	131,27	121,95	135,67	118,13	135,82	128,95	135,53

Zelenými políčky jsou vyznačeny největší úhly zotavení a naopak červenými jsou vyznačeny úhly nejmenší. Díky barevné škále lze z tabulky 2 odvodit, jaký materiál měl například nejmenší možnou relaxaci, ale pro lepší názornost jsou vytvořeny polární diagramy úhlů zotavení respektive anizotropie mačkavosti, viz obrázky 19 a 20.

Z náhledu polárních grafů viz obrázky 19 a 20, je vidět, že zotavení není pravidelné a na první pohled se dá konstatovat, že největší zotavení se projevilo téměř u všech vzorků v prvním a protilehlém třetím kvadrantu, tedy od 0° do 90° a od 180° do 270°. Ale zotavení plátňové vazby je ve všech směrech obdobné.

Díky těmto dvěma obrázkům můžeme porovnávat vliv vazby tkaniny na anizotropii mačkavosti. V obrázcích jsou vloženy polární grafy tkanin se stejným počtem osnovních a útkových nití. Z obrázku 19 je očividné, že největším zotavením se projevíly vazby kepru $\frac{1}{4}$ (M40) a atlasu (M38). V porovnání s nimi, se keprová vazba $\frac{1}{2}$ (M39) také projevila jako tkanina s dobrými relaxačními vlastnostmi.

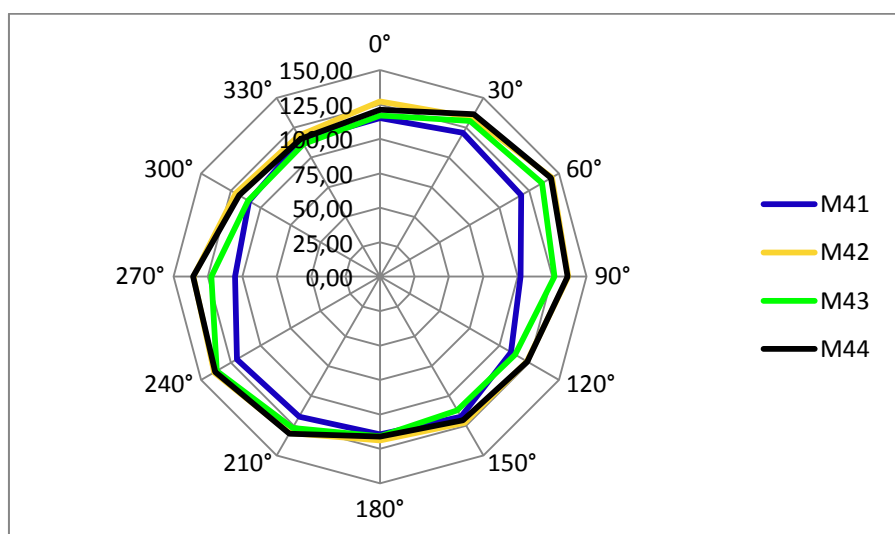


Obrázek 19: Anizotropie mačkavosti pro tkaniny s DO 240 nití / 10 cm a DU 220 nití / 10 cm

Na obrázku 19 je možné vidět, že tkanina atlasu (M38) s útkovým počtem nití 220 / 10 cm se zotavila téměř stejným úhlem ve všech kvadrantech jako tkanina kepru $\frac{1}{4}$ (M40). Ve třetím kvadrantu atlasová vazba dokonce vykazala lepší schopnost relaxace v rozdílu cca jednoho stupně. Plátňová vazba (M37) naopak ukázala, že relaxační

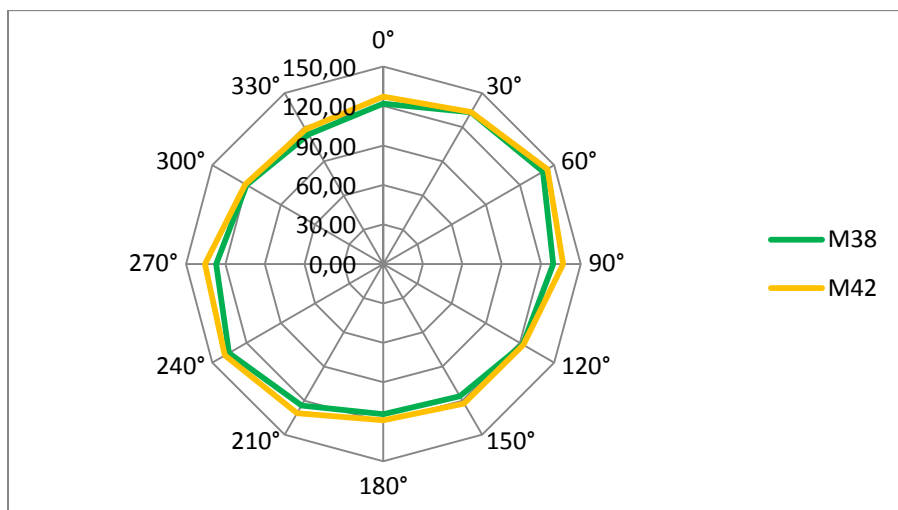
schopnosti nejsou její kladnou vlastností. Vykreslený kruhový tvar plátnové vazby udává, že je zotavení ve všech směrech obdobné, s odchylkou přibližně 4,5° - 5,5°. Konstrukce tkaniny má velký vliv na konečné zotavení textilie. Největšího zotavení zaznamenaného při měření (viz obrázek 19), docílil kepr $\frac{1}{4}$ (M40) s dostavou útku 220 nití na 10 cm. Tento úhel zotavení se nachází v prvním kvadrantu, respektive v 60° úhlu střížení a jeho velikost je 146°9'.

Ostatní tkaniny jako je kepr $\frac{1}{2}$ (M43) i atlas (M42) projeví dobré relaxační schopnosti, a to nejvíce v prvním a třetím kvadrantu polárního grafu. Zbylá plátnová vazba (M41) se v porovnání s ostatními vazbami projevila nízkým úhlem zotavení a to ve všech směrech. V polárním diagramu se jeví jako izotropní materiál, což znamená stejné chování vzorků, bez ohledu na to v jakém směru se měří. Důvodem takového zotavení plátnové vazby je pravidelné provázání nití. Na rozdíl od plátnové vazby má vazba kepru a atlasu anizotropní chování mačkovosti.



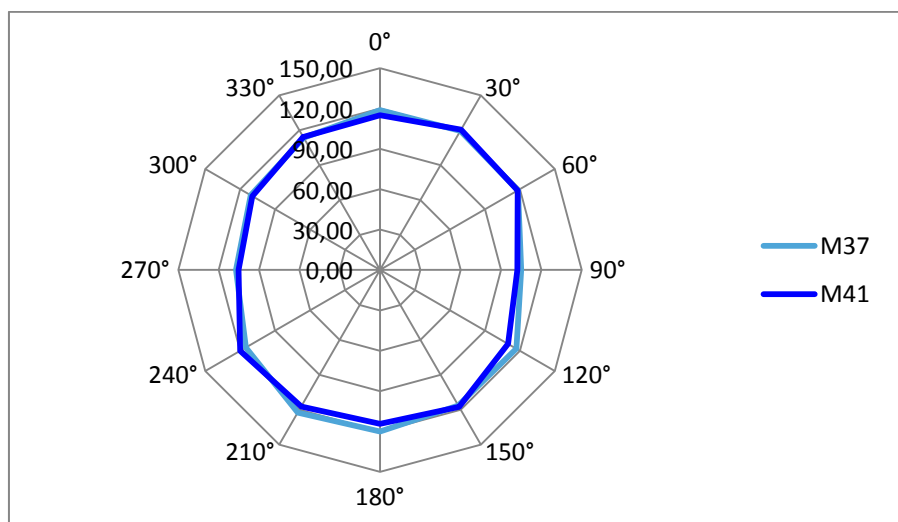
Obrázek 20: Anizotropie mačkovosti pro tkaniny s DO 240 nití / 10 cm a DU 200 nití / 10 cm

Pro názornější zobrazení vlivu dostavy na anizotropii mačkovosti je vhodné porovnávání stejných vazeb tkanin s rozdílem útkových nití. Na obrázcích 21 - 24 je možné vidět jednotlivé srovnání shodných vazeb s lišícím se počtem nití v útku. Z těchto čtyř grafů je možné na první pohled říci, že snižující se počet nití v útku dává tkanině větší příležitost více se zotavit.



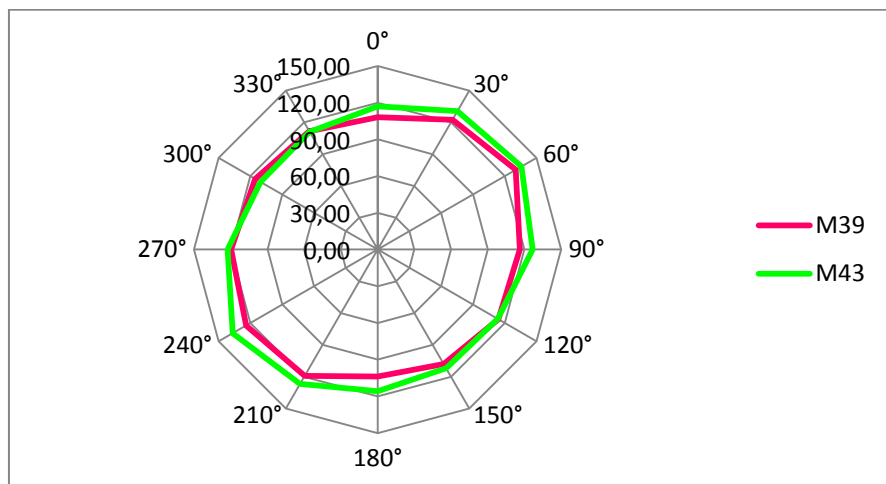
Obrázek 21: Anizotropie atlasové vazby s rozdílem 20 nití v dostavě útku

Je zřejmé, že tkaniny s počtem 200 nití na 10 cm v útku mají lepší schopnost se více zotavit než tkaniny s dostavou útku 220 nití na 10 cm. Příkladem toho je porovnání atlasové vazby (obrázek 21). Není tomu tak, ale ve všech případech. Grafy plátnové vazby na obrázku 22 ukazují, že častějšího zotavení ve více směrech dosáhla vazba s větší dostavou útku. Ale ve čtyřech směrech z dvanácti: 30°, 150°, 240°, 330°, se plátnová tkanina M41 s dostavou útku 200 nití na 10 cm zotavila větším úhlem. Tyto rozdíly jsou ale v řádech průměrně čtyř stupňů.



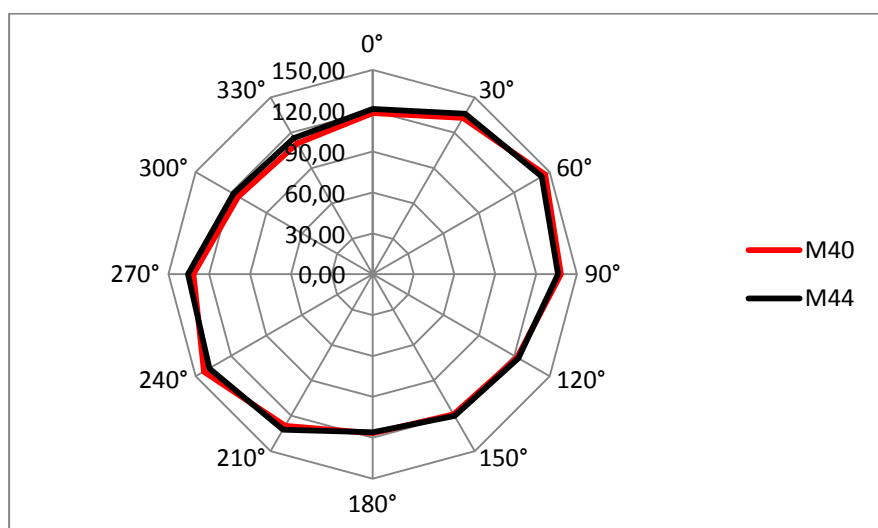
Obrázek 22: Anizotropie plátnové vazby s rozdílem 20 nití v dostavě útku

Z obrázku 23 je vidět celkové větší zotavení materiálu M43 (kepr $\frac{1}{2}$), ale ve čtvrtém kvadrantu úhlu střížení 300° se více zotavil materiál M39 (kepr $\frac{1}{2}$) s vyšší dostavou útku. Za méně mačkový se tedy považuje materiál M43s nižším počtem útkových nití.



Obrázek 23: Anizotropie kepru $\frac{1}{2}$ s rozdílem 20 nití v dostavě útku

Zotavení kepru $\frac{1}{4}$ s větší i menší dostavou se od sebe téměř neliší. Ve třetím kvadrantu, směru střížení 240° se M40 zotavil více, a to největším rozdílem - necelými 5° . Z grafu (obrázek 24) je znázorněno v jakých kvadrantech bylo dosaženo větší relaxace.



Obrázek 24: Anizotropie kepru $\frac{1}{4}$ s rozdílem 20 nití v dostavě útku

3.4 Vliv vazby a dostavy na rychlost zotavení textilií

Při zotavení má tkanina snahu vracet se do původní polohy. V první sekundě, kdy je uvolněno závaží, je procento z celkového zotavení vždy největší a to díky elastickým deformacím. Elastické a zbylé ostatní deformace jsou obecně popsány v teoretické části v kapitole 1.1.1.

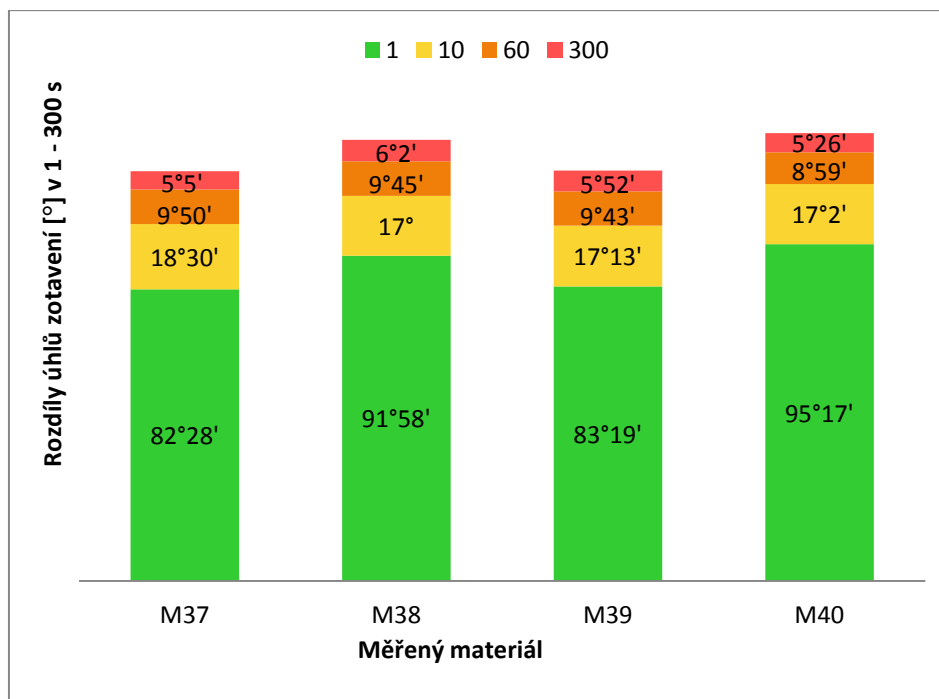
Největší podíl z celkových deformací mají deformace elastické ($\varepsilon_E = \frac{\alpha_1}{180} \times 100$ [%]), a to přibližně 50%. Dalšího zotavení až do třísté sekundy je umožněno díky viskoelastickým deformacím ($\varepsilon_Z = \frac{(\alpha_{300} - \alpha_1)}{180} \times 100$ [%]). V tomto případě je jejich velikost v rozsahu 16 - 20%. Zbylé plastické deformace ($\varepsilon_P = \frac{(180 - \alpha_1)}{180} \times 100$ [%]) v rozsahu 29 - 36 % jsou také závislé na času relaxace, viz tabulka 3.

Tabulka 3: Vypočtené deformace po zjištění průměrných úhlu α_1 a α_{300}

	M37	M38	M39	M40	M41	M42	M43	M44
α_1 [°]	82°28'	91°58'	83°19'	95°17'	79°23'	98°17'	92°41'	95°26'
α_{300} [°]	115°22'	124°46'	116°7'	126°44'	113°40'	129°14'	121°36'	127°59'
ε_E [%]	45,81	51,11	46,28	52,93	44,11	54,61	51,48	53,02
ε_Z [%]	19,67	17,62	18,21	17,47	19,04	17,20	16,06	18,08
ε_P [%]	34,62	30,68	35,49	29,58	36,86	28,19	32,44	28,89

Zotavovací rychlost neboli velikost úhlů zotavení v čase, je znázorněna na obrázku 26 a 27, kde je možné vidět rozdíl zotavení v první, desáté, šedesáté a třísté sekundě.

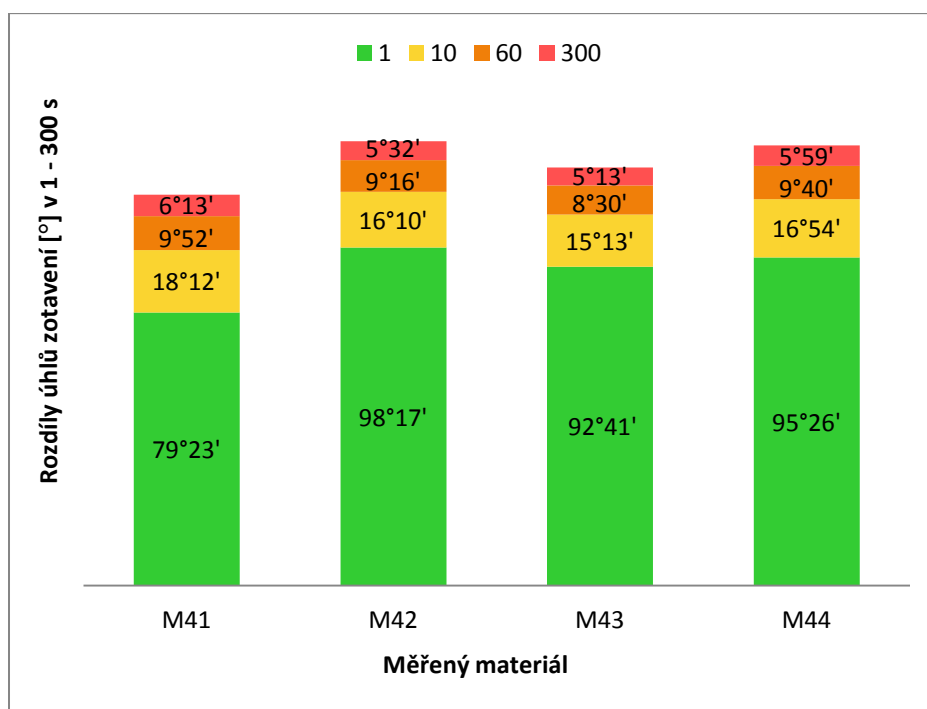
Na obrázku 26 je vidět, že z těchto čtyř druhů tkanin s dostavou 240 x 220 / 10 cm² celkového největšího zotavení, ale i zotavení v první sekundě, prokázal kepr $\frac{1}{4}$ (M40). Atlas také projevil velmi dobré relaxační schopnosti, naopak plátňová vazba (M41) byla ve schopnosti zotavení se nejslabší a lze jí hodnotit za nejvíce mačkovou. V první sekundě se vzorek plátňové vazby zotavil pouze v 82°28', což vypovídá o elastických deformacích plátňové vazby, v tomto případě 45,81%. Zbylé zotavení do celkového úhlu 115°22' je v zotavovací schopnosti textilie, z čehož jsou známy viskoelastické deformace.



Obrázek 26 : Zobrazení rychlosti zotavení pro M37-M40

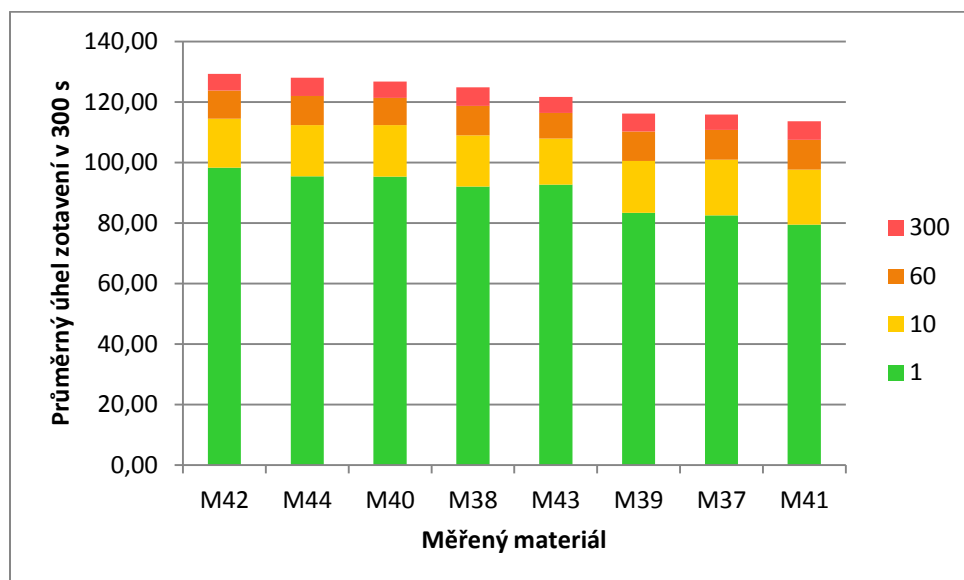
Všechny zde měřené typy tkanin mají stejný průběh zotavení. Po odlehčení má skoková elastická deformace velikost cca 50%. Jak je možné vidět z grafu, chování všech tkanin je obdobné. Ve stejných časových intervalech se chovají téměř totožně. Příkladem toho je zotavení od šedesáté do třísté sekundy s velikostí v rozsahu 3,6 - 4,6% z jejich celkového úhlu zotavení.

Na obrázku 27 je znázorněná rychlost zotavení čtyř druhů tkanin M41 - M44 s dostavou 240 x 200 / 10 cm². Je zde vidět, že se vzorky zotavily celkově větším úhlem v porovnání s předešlým měřením. Největším zotavením, a to nejen v první sekundě se v tomto grafu projevila tkanina s vazbou atlasu. Obě tkaniny keprové vazby se reprezentují také dobrým zotavením v porovnání s tkaninami a jejich vyšším počtem nití v útku. Na druhou stranu, tkanina s nejnižším úhlem zotavení byla opět plátňová. Plátňová vazba s touto dostavou útku se zotavovala méně, v celkovém úhlu v porovnání s plátňovou vazbou M37 o přibližný rozdíl 2°. I v první sekundě bylo zotavení menší o cca tři stupně. To dokazuje, že plátňová vazba s vyšším nárůstem útkových nití více podléhá mačkovosti.



Obrázek 27 : Zobrazení rychlosti zotavení pro M41-M44

Seřazením jednotlivých sloupců, ve kterých součet časových parciálních bloků udává celkové zotavení zkoušeného materiálu, je vyjádřena rozdílná mačkovost všech měřených materiálů. Materiály utříděné tímto způsobem lze vidět na obrázku 28.



Obrázek 28: Seřazení materiálu od nejméně mačkavého

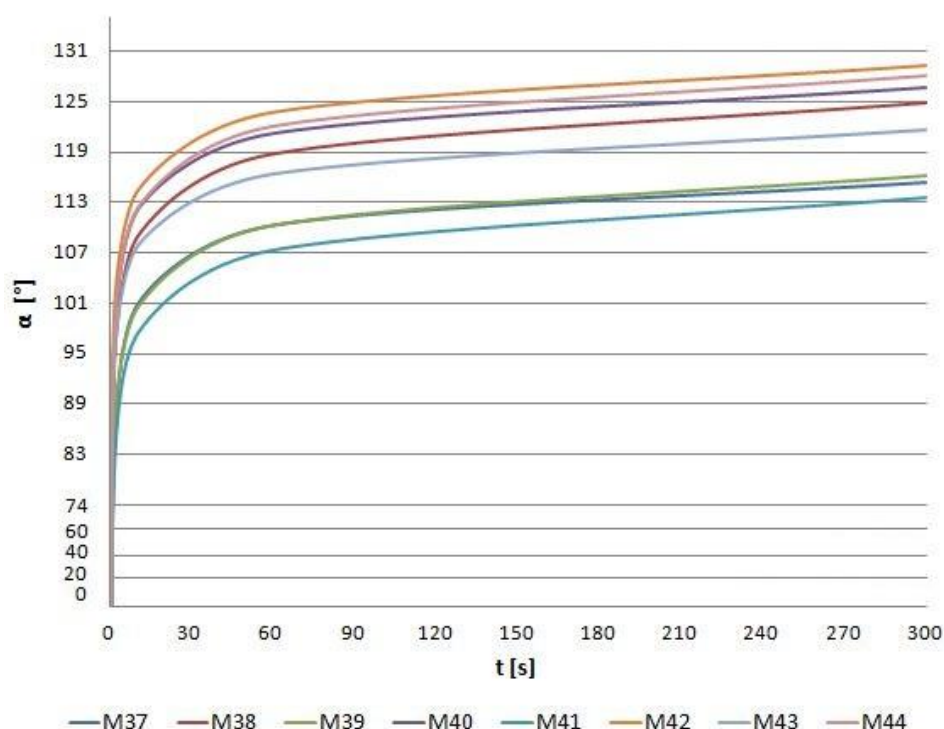
Pokud bereme v úvahu skutečnost, že 100% zotavení by mělo dosáhnout 180°, pak tyto materiály byly zotaveny procentuelním dílem od 63,14% po 71,805%. Tímto největším dílem se průměrně ve všech směrech nejčastěji zotavila vazba atlasu (M42),

s útkovým počtem nití 200 na 10 cm. Ostatní materiály se vůči atlasu (M42) zotavily procentuelními rozdíly, které je vidět v tabulce 4.

Tabulka 4: Průměrné rozdíly zotavení materiálů vůči M42

Materiál	M37	M38	M39	M40	M41	M43	M44
Rozdíl [%]	10,74	3,46	10,16	1,94	12,06	5,92	0,97

Rozdíly v celkovém zotavení je také možné porovnat z křivek zotavení. Každá křivka na obrázku 29 je vytvořena z průměrných úhlů všech měřených materiálů, viz příloha. Průměrně nejvíce zotavený materiál ve všech směrech M42 - atlas s dostavou útku 200 nití na 10 cm, dosahuje horní hranice grafu úhlem zotavení α_{300} - $129^{\circ}15'$. Za ním ho následuje materiál M44 - kepr $\frac{1}{4}$ s úhlem α_{300} - $127^{\circ}59'$. Jak je uvedeno výše, nejméně zotavenými vazbami jsou vazby plátňové. Jejich konečný úhel zotavení α_{300} je pro M41 $113^{\circ}39'$ a pro M37 $115^{\circ}36'$.



Obrázek 29: Křivky zotavení všech vzorků

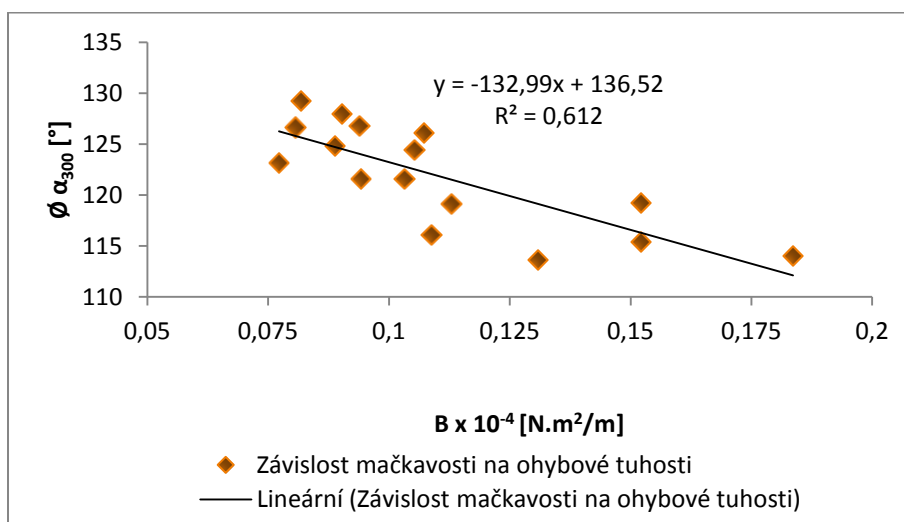
3.5 Závislost mačkovosti na ohybové a smykové tuhosti textilií

Při "ohýbání" tkanin dochází k ohybové deformaci, a tím ke vzájemnému působení strukturálních prvků a zploštění nití. V publikaci Zelové a Fridrichové - Studie ohybové tuhosti a mačkovosti plošných textilií [2] je uvedeno, že v případě pravidelného provázání osnovních a útkových nití v tkaninách se zvyšuje ohybová tuhost a ohybový moment hysterese tkanin, a to díky zvyšujícímu se tření ve vazných bodech. Růstem dostavy útku se u plátnové vazby zvýšila ohybová tuhost i ohybový moment hysterese [2].

Hodnoty výstupních parametrů jako je ohybová tuhost, ohybový moment hysterese a smyková tuhost byly naměřeny již dříve pro předchozí experimenty. Tyto data, ze kterých jsou vytvořeny tyto tři závislosti (obrázek 29, 30, 31) byli poskytnuté ing. Zelovou.

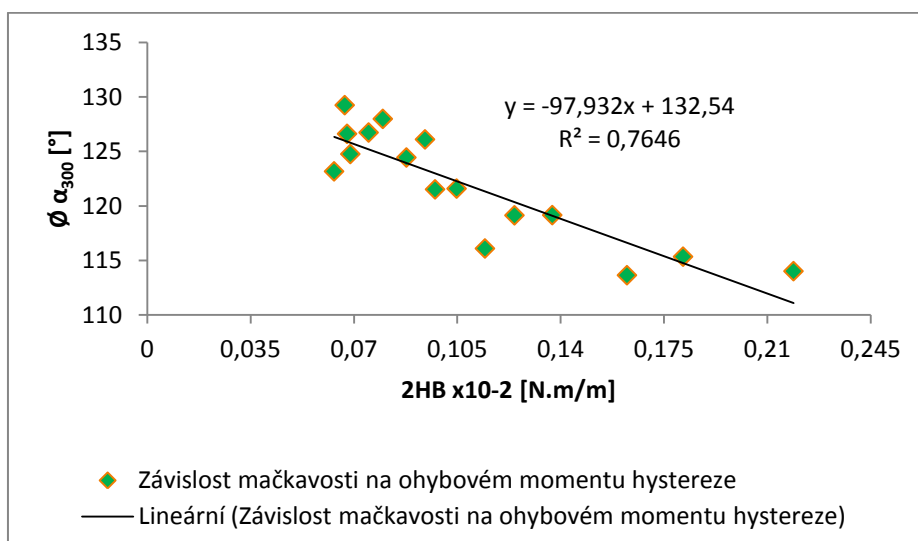
Z následujících grafů vidíme silné závislosti mačkovosti na: ohybové tuhosti, ohybovém momentu hysterese a smykové tuhosti. Body v grafech vyjadřují jak silná je závislost mačkovosti na měřených parametrech: ohybové tuhosti B , ohybovém momentu hysterese $2HB$ a smykové tuhosti G .

Podle hodnoty koeficientu determinace R^2 lze posoudit, do jaké míry je splněn předpoklad o lineárním průběhu hledané funkční závislosti. Čím více se koeficient determinace blíží k 1, tím méně jsou jeho body rozptýleny od lineárního průběhu fce.



Obrázek 30: Závislost mačkovosti na ohybové tuhosti

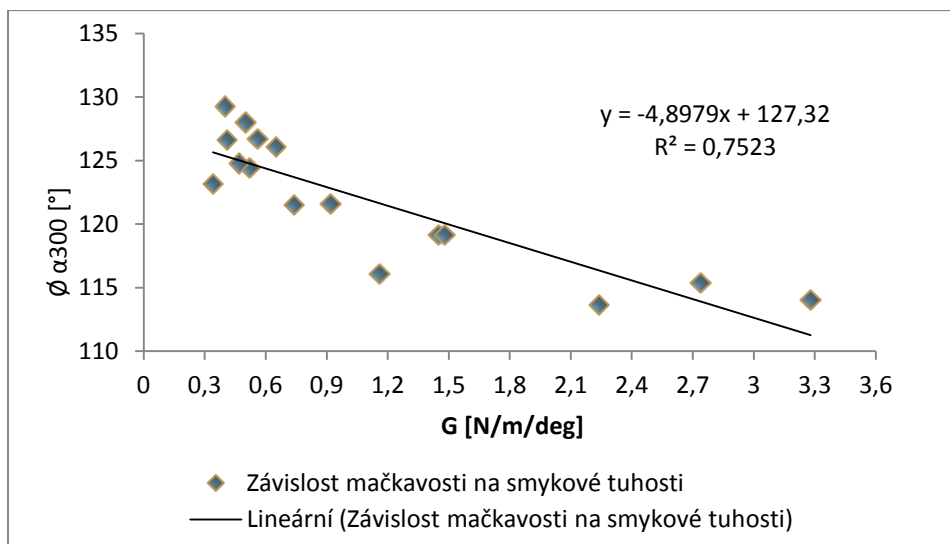
Lineárně klesající graf funkce na obrázku 30 znázorňuje závislost mačkavosti (úhlu zotavení) na ohybové tuhosti. Dá se z něho vyčíst: snižující se velikosti hodnot ohybové tuhosti, budou vést k větším úhlům zotavení a tedy k nižší mačkavosti tkanin.



Obrázek 31: Závislost mačkavosti na ohybovém momentu hystereze

Na obrázku 31 je vidět závislost ohybového momentu hystereze na mačkavosti. Podobná závislost jako v předešlém grafu říká: Čím menší bude hodnota ohybového momentu hystereze 2HB, tím větší bude úhel zotavení, resp. menší mačkavost.

V celku, pro všechny zde vytvořené závislosti, je koeficient determinace R^2 přibližující se 1. Pro závislost ohybové tuhosti na mačkavosti, má koeficient determinace velikost $R^2 = 0,61$. Znamená to, že velikost ohybové tuhosti B znázorňuje 61 % variability ze všech úhlu zotavení α_{300} . Ještě větší variabilitou 76,5% se prokázal ohybový moment hystereze 2HB, u kterého je vidět ještě silnější závislosti než u ohybové tuhosti B. Platí zde: Čím menší je ohybový moment hystereze 2HB, tím menší je mačkavosti tkanin.



Obrázek 32: Závislost mačkovosti na smykové tuhosti

Jak mačkovost ovlivňuje ohybová tuhost B a ohybový moment hysterese $2HB$, tak jí také ovlivňuje tuhost ve smyku G . Silná závislost mačkovosti na smykové tuhosti je v tomto případě 75,2%, viz obrázek 32. Z něj plyne, že čím bude hodnota smykové tuhosti G narůstat, tím méně se textilie v konečném stavu zotaví. Zde ale většina tkanin nabývá nižších hodnot smykové tuhosti.

4 Zhodnocení výsledků

V teoretické části je popsána mačkovost její jednotky a faktory jí ovlivňující. Dále jsou charakterizovány deformace, které vznikají při mačkání. Jsou to deformace: elastická, viskoelastická a plastická neboli trvalá. U každé z nich je uveden vztah, díky kterému je možné objektivně posoudit jejich velikost. Do charakterizace parametrů ovlivňující mačkovost je také začleněna anizotropie mačkovosti, jelikož je to způsob jak také vyjádřit mačkovost. Na dalších stranách je uveden výběr průzkumu jak lze hodnotit mačkovost i ohybovou tuhost. Podrobnějším způsobem je popsána metoda dutého válce a metody úhlové, ve kterých je popis přístroje umak a metoda, která byla předem určena pro experimentální zhodnocení mačkovosti tkanin neboli metoda založená na snímání úhlu zotavení pomocí web kamery. Ta je detailně popsána začátkem experimentální části. Popsané jsou i metody ohybové a smykové tuhosti (FB1, 2), které mimochodem patří k nepostradatelným přístrojům laboratoře KES na katedře oděvnictví. Princip metody TH7 díky, které lze objektivně měřit ohybovou tuhost, je popsán na konci teoretické části.

V experimentální části je podrobně popsána inovovaná metoda snímání úhlů zotavení pomocí web kamery. Snímání úhlu zotavení bylo podrobeno pro osm druhů tkanin. Rozdíly v nich jsou v konstrukci vazby - atlasová, plátňová a keprová 1/2, 1/4 vazba a dostavě - pro tyto čtyři druhy tkanin dostava osnovy - 240nití/10cm, útku - 220nití/cm a pro zbylé čtyři dostava osnovy - 240nití/10cm, útku - 200nití/cm. Měřením vzorků ve směrech 0°/180°, 30°/210°, 60°/240°, 90°/270°, 120°/300° a 150°/330° se zjistil úhel zotavení, díky kterým pak byla vyhodnocena anizotropie mačkavosti. Všechny tkaniny s výjimkou tkanin plátňové vazby se nejvíce zotavily v prvním a třetím kvadrantu polárního grafu, tedy ve směrech od 0° do 90° a od 180° do 270°. Vyjádření vlivu vazby na anizotropii mačkavosti bylo docíleno porovnáváním mačkavosti tkanin ve všech směrech se stejným počtem osnovních a útkových nití. Velkým zotavením se projevíly vazby kepru $\frac{1}{4}$ (M40) a atlasu (M38), ale v porovnání s nimi se keprová vazba $\frac{1}{2}$ (M39) také projevila jako tkanina s dobrými relaxačními vlastnostmi. Největšího zde naměřeného zotavení docílil kepr $\frac{1}{4}$ (M40) s dostavou útku 220 nití na 10cm úhlem 146°9' a to v 60°střížení vzorku. Plátňová vazba (M37, M43) je naopak pokládána za nejvíce mačkavou ze všech zde měřených tkanin. V polárním grafu vykazovala téměř kruhový tvar až na směr přehybu v útku, kde zotavení bylo ještě menší. Důsledek takového zotavení plátňové vazby je pravidelné provázání nití. Při zotavení se pak plátňová vazba chová podobně v každém směru. V objasnění vlivu dostavy na anizotropii mačkavosti se porovnávaly stejné vazby tkanin s rozdílem útkových nití. Prvním výsledkem této snahy v objasnění vlivu dostavy na anizotropii mačkavosti bylo poznání: Snižující se počet nití v útku dává tkanině větší příležitost více se zotavit. Tento jev není platný pro zde měřené tkaniny plátňové vazby, protože ve více směrech dosáhla většího zotavení vazba s vyšší dostavou útku. Zotavení keprových vazeb $\frac{1}{4}$ s dostavou útku 220 a 200 na 10cm se od sebe skoro neliší.

Vliv vazby a dostavy na rychlost zotavení textilií byl vyjádřen objektivními hodnotami deformací při zotavování tkanin. Rychlost zotavení byla vypočtena pomocí velikostí změny úhlu zotavení v časových intervalech <1s - 10s - 60s - 300s>. Všechny zde měřené materiály vykazují stejný průběh zotavení. V první sekundě, kdy se tkanina zotaví největším úhlem, jsou deformace skokové. Velikost těchto elastických deformací při měření tkanin M37- M44 byla přibližně 50%. Při zotavení v dalších sekundách do páté minuty relaxace byly tkaniny zotaveny v přítomnosti viskoelastických

deformací o velikosti v rozmezí 16 - 20%. Zbylá velikost plastických deformací byla v rozmezí 29 - 36 %. U vzorků tkanin s dostavou útku $220 / 10 \text{ cm}^2$ se při zotavení v první sekundě nejvíce zotavil kepr $\frac{1}{4}$ (M40), úhlem $95^\circ 17'$. Naopak průměrný naměřený úhel plátnové vazby v první sekundě byl $82^\circ 28'$, což uvádí velikost elastických deformací plátnové vazby 45,81%. Hodnoty u měření tkanin s dostavou útku $200 / 10 \text{ cm}^2$, vypovídají o menší mačkavosti než tkaniny s vyšším počtem útkových nití, protože jejich úhel zotavení nabývá vyšší hodnoty už v prvních sekundách. V první sekundě se nejvíce zotavila vazba atlasu i vazby kepru. V porovnání s jejich dostavou útku v předešlém měření, ukázaly dobré zotavení. Nejméně zotavená tkanina byla opět plátnová. Od předešlé plátnové vazby s rozdílem 20 nití v útku, se zotavila v porovnání o přibližné 2° méně. Po pěti minutách relaxace, materiály dosáhly celkového zotavení v rozmezí 63,14% po 71,805%. Největším úhlem zotavení se průměrně ve všech směrech nejčastěji zotavila vazba atlasu (M42). Dále jsou tkaniny seřazeny od nejméně po nejvíce mačkové: M44, M40, M38, M43, M39, M37, M41.

Mačkavost je závislá na ohybové tuhosti B, ohybovém momentu hystereze 2HB a smykové tuhosti G. Jelikož všechny tyto parametry v závislosti na mačkavosti mají klesající lineární průběh funkce, tak je možné tvrdit, že s jejich zvyšující se hodnotou bude materiál více podléhat mačkavosti. Koeficient determinace R^2 byl přibližující se k 1. U ohybové tuhosti má R^2 velikost 0,61, což znázorňuje, že velikost ohybových tuhostí zde znázorňují 61% variability všech průměrných úhlů zotavení α_{300} . Silnější závislostí se prokázal ohybový moment hystereze a smyková tuhost, kdy 2HB měl R^2 velikost 0,765 a u G byl velký 0,752.

5 Závěr

Cílem této práce bylo experimentálně hodnotit vliv parametrů na mačkavost snímáním úhlu zotavení pomocí webkamery.

Zhodnocenými parametry v experimentální části byly: 1 - zkoumání vlivu vazby a dostavy na anizotropii mačkavosti, 2 - vliv vazby a dostavy na rychlost zotavení textilií + seřazení materiálu od nejméně mačkového a 3 - závislost mačkavosti na ohybové tuhosti B , ohybovém momentu hystereze $2HB$ a tuhosti ve smyku G .

1 - Všechny materiály s výjimkou plátňové vazby se nejvíce zotavily v úhlech střížení 0° - 90° a 180° - 270° , což poukazuje na anizotropii mačkavosti tkanin. Plátňové vazby se zotavily ve všech směrech obdobně, přibližným úhlem zotavení. Atlas a vazby kepru se prezentovali dobrými relaxačními schopnostmi. Největšího zotavení $146^\circ 9'$ docílil kepr $\frac{1}{4}$ (M40) s $Dú$ 200/10cm úhlem, ale jen ve směru střížení 60° . Tkaniny se snižujícím počtem útkových nití mají tendenci se lépe zotavit, což se ukázalo ve všech případech s výjimkou plátňové vazby, kde se ve více směrech zotavila tkanina s $Dú$ 220/10cm.

2 - Všechny tkaniny se zotavují v prvních sekundách díky ε_E okolo 50%. V dalších sekundách se viskoelastické deformace při zotavení pohybují okolo 17%, zbylé plastické deformace jsou cca 32%. Největším celkovým úhlem zotavení $129^\circ 15'$, i zotavením v první sekundě $98^\circ 17'$, ve všech směrech dosáhla vazba atlasu M42. Naopak nejmenším α_1 ($82^\circ 28'$) i α_{300} ($115^\circ 22'$) se projevila plátňová vazba M41, kterou lze hodnotit za nejvíce mačkovou. Z toho vyplývá, že od velikosti α_1 se odvíjí velikost α_{300} . Materiály dosáhly relaxace od 63,14% (M41) po 71,805% (M42). Dále jsou tkaniny seřazeny od nejméně mačkové po nejvíce: M44, M40, M38, M43, M39, M37, M41.

3 - Ohybová tuhost B , ohybový moment hystereze $2HB$ a smyková tuhost G jsou parametry, na kterých je mačkavost závislá. Průběh všech třech závislostí na mačkavosti je lineární klesající a potvrzuje, že čím vyšší hodnota nezávisle proměnné, v tomto případě tedy B , $2HB$ a G , tím větší bude mačkavost. V grafech je odkaz na koeficient determinace R^2 , který znázorňuje silné závislosti těchto parametrů. R^2 pro: B - 0,61; $2HB$ - 0,765; G - 0,752. Mačkavost je tedy z těchto zjištění nejvíce závislá na ohybovém momentu hystereze díky vysokému koeficientu determinace.

Použitá literatura

- [1] ZELOVÁ, K., K problematice mačkavosti plošných textilií. SVOČ 2009.
- [2] ZELOVÁ, K., and FRIDRICHOVÁ, L. Studie ohybové tuhosti a mačkavosti plošných textilií.
- [3] ČSN 80 0819. Zkoušení mačkavosti plošných textilií. Praha: Český normalizační institut, 1994. Zrušená norma. Platnost ukončena v červnu 1994.
- [4] FRIDRICHOVÁ, L., and ZELOVÁ, K.. Objective evaluation of multidirectional fabric creasing. *Journal of the Textile Institute*, 2011, Vol. 102, No. 8, 719–725.
- [5] KOVAČIČ, V. Textilní zkušebnictví – díl II. Liberec: TUL, 2003.
- [6] STANĚK, Nauka o textilních materiálech, díl 1, část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií, VŠST, Liberec 1988.
- [7] ABZ: Slovník cizích slov. *ABZ.cz* [online]. 2005 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/hledat?typ_hledani=prefix&cizi_slovo=anizotropie.
- [8] MERATI, A, PATIR, H. Anisotropy in wrinkle properties of woven fabric, *Journal of the Textile Institute*, 2011, 1-8, iFirst Article.
- [9] James Heal. *Richmond Works* [online]. Richmond, England, 2006 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.james-heal.co.uk/store/testing-instruments/physical-testing/wrinkle-recovery-tester/> .
- [10] PARAMOUNT INSTRUMENTS. *Paramount* [online]. 2008 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.paramountinstruments.com/images/wrr.jpg> .
- [11] Sochor, B., *Mačkavost tkanin a její měření*. Danielis, J a kol. Nová technika měření a zkoušení v textilním průmyslu. Praha: SNTL, 1957, s. 179-203.
- [12] Zaouali, R, Msahli, S, El Abed, B, Sakli ,F. Objective evaluation of multidirectional fabric wrinkling using image analysis. *Journal of the Textile Institute*, 2007, 98:5, 443-451.
- [13] S. Shaikhzadeh Najjar, E. Hezavehi, Sh. Hoseini Hashemi, A. Rashidi, (2009) "Investigation into wrinkle behavior of woven fabrics in a cylindrical form by measuring their tangential force", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 21 Iss: 1, pp.7 - 30.
- [14] Norma ČSN EN 22313 Plošné textilie, zjišťování mačkavosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení, Český normalizační institut Praha 1992.

- [15] APEX ENTERPRISES. *Apex Enterprises: Hiroshima Textile Technique* [online]. 2006 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: http://www.textiletestings.com/photo/crease_recovery_tester_big.jpg .
- [16] KOD, TUL. *UMAK*. [online]. Liberec, 2009. Dostupné z: <http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/MACKAVOST1.pdf> .
- [17] MADE IN CHINA - WHOLESALE MARKETPLACE. *YG541E Fully Automatic digital fabric crease-recovery tester* [online]. 2011 [cit. 2012-03-29].
- [18] Fridrichová, L.: K problematice stanovení ohybové tuhosti plošných textilií. [Disertační práce]. Liberec: TUL, 2000.
- [19] CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION-SHAREALIKE LICENSE. *Wikipedia* [online]. 08.10 2011 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Kawabata_Evaluation_System .
- [20] FABRIC PERFORMANCE IN CLOTHING AND CLOTHING MANUFACTURE. *JOURNAL OF THE TEXTILE INSTITUTEING AND CLOTHING MANUFACTURE*. 1989, AX536, s. 50. ISSN 0040-5000. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080> .
- [21] KES-FB2-OHYB: OM. KOD. *Katedra Oděvnictví* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/OHYB_KES2.pdf .
- [22] Omak plošných textilií: KES. KOD. *Katedra oděvnictví* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi_podklady/STE-06-KES_omak.pdf .
- [23] KES-FB1-SMYK: OM. KOD. *Katedra Oděvnictví* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/SMYK_KES1.pdf .
- [24] Fridrichová, L.: K problematice ohybové tuhosti textilií. [Habilitační práce]. Liberec. RUKOPIS.
- [25] Zelová, K.: Mačkavost plošných textilií. [Disertační práce]. Liberec. RUKOPIS.
- [26] Davidková, B. Vliv struktury textilií na tvarovou stálost plošných textilií. Bakalářská práce, TU Liberec 2010. Vedoucí práce: Ing. Katarína Zelová.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1:ÚHEL ZOTAVENÍ TEXTILIE [5].....	15
OBRÁZEK 2:HODINOVÁ RELAXACE PO ODSTRANĚNÍ ZÁVAŽÍ [4]	15
OBRÁZEK 3:ÚHEL ZOTAVENÍ V PRVNÍ SEKUNDĚ [4].....	15
OBRÁZEK 4: PRŮBĚH DEFORMACE VNIKLE PO ODLEHČENÍ VZORKU (ZOTAVENÍ) [5]	16
OBRÁZEK 5 : UKÁZKA MĚŘENÍ MERATIHO A PATIRA. ÚČINEK OBOU ÚROVNÍ ZÁKRUTŮ A SMĚR PŘEHYBU NA ODPOR MAČKAVOSTI TKANIN[8].....	18
OBRÁZEK 6: DUTÝ VÁLEC[9]	20
OBRÁZEK 7: ETALONY PŘILOŽENÉ K NÁSTROJI [10]	20
OBRÁZEK 8: ANALÝZA OBRAZU ZMAČKÁNÍ POVRCHU TKANINY [12].....	21
OBRÁZEK 9 : SCHÉMA UNIKÁTNÍHO PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ TANGENCIÁLNÍ SÍLY [13]	22
OBRÁZEK 10: PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ ÚHLU ZOTAVENÍ [15].....	24
OBRÁZEK 11: ZOBRAZENÍ PŘÍSTROJE UMAK [16].....	25
OBRÁZEK 11: PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ MAČKAVOSTI - YG541E [17]	26
OBRÁZEK 12: SNÍMÁNÍ ÚHLU ZOTAVENÍ POMOCÍ WEBKAMERY [4]	28
OBRÁZEK 13: REÁLNÝ STROJ FB2 PRO MĚŘENÍ OHYBOVÉ TUHOSTI NA KOD.....	29
OBRÁZEK 14: ZÁVISLOST OHYBOVÉHO MOMENTU VZORKU POD DEFINOVANÝM ZAKŘIVENÍM [21]	30
OBRÁZEK 15: UKÁZKA MĚŘENÍ TUHOSTI VE SMYKU PRO OSNOVU TKANINY	30
OBRÁZEK 15: SCHÉMA OHÝBÁNÍ VZORKU NA TH-7.1-UPÍNACÍ ČELIST. 2- OTOČENÁ ČELIST DO POLOHY 90°. 3- TEXTILNÍ VZOREK. 4- ČIDLO SNÍMAJÍCÍ OHYBOVOU SÍLU [24]	31
OBRÁZEK 16: OHÝBÁNÍ VZORKU POLOHA 90°- LÍC [24]	31
OBRÁZEK 17 : ZNÁZORNĚNÍ ROZMÍSTĚNÝCH KRUHŮ NA TKANINĚ A VYZNAČENÍ OSNOVY [26]	34
OBRÁZEK 18: SNÍMÁNÍ POMOCÍ WEBKAMERY [26]. 1-WEB KAMERA 2- VZOREK ZATÍŽENÉ TKANINY 3- ZÁVAŽÍ	35
OBRÁZEK 19: ANIZOTROPIE MAČKAVOSTI PRO TKANINY S DO 240 NITÍ / 10 CM A DU 220 NITÍ / 10 CM	37
OBRÁZEK 20: ANIZOTROPIE MAČKAVOSTI PRO TKANINY S DO 240 NITÍ / 10 CM A DU 200 NITÍ / 10 CM	38
OBRÁZEK 21: ANIZOTROPIE ATLASOVÉ VAZBY S ROZDÍLEM 20 NITÍ V DOSTAVĚ ÚTKU	39
OBRÁZEK 22: ANIZOTROPIE PLÁTNOVÉ VAZBY S ROZDÍLEM 20 NITÍ V DOSTAVĚ ÚTKU	39
OBRÁZEK 23: ANIZOTROPIE KEPRU 12 S ROZDÍLEM 20 NITÍ V DOSTAVĚ ÚTKU	40
OBRÁZEK 24: ANIZOTROPIE KEPRU 14 S ROZDÍLEM 20 NITÍ V DOSTAVĚ ÚTKU	40
OBRÁZEK 26 : ZOBRAZENÍ RYCHLOSTI ZOTAVENÍ PRO M37-M40	42
OBRÁZEK 27 : ZOBRAZENÍ RYCHLOSTI ZOTAVENÍ PRO M41-M44	43
OBRÁZEK 28: SEŘAZENÍ MATERIÁLU OD NEJMÉNĚ MAČKAVÉHO	43
OBRÁZEK 29: KŘIVKY ZOTAVENÍ VŠECH VZORKŮ.....	44
OBRÁZEK 30: ZÁVISLOST MAČKAVOSTI NA OHYBOVÉ TUHOSTI.....	45
OBRÁZEK 31: ZÁVISLOST MAČKAVOSTI NA OHYBOVÉM MOMENTU HYSTEREZE	46
OBRÁZEK 32: ZÁVISLOST MAČKAVOSTI NA SMYKOVÉ TUHOSTI.....	47

Seznam tabulek

TABULKA 1: PARAMETRY POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	33
TABULKA 2: PRŮMĚRNÉ ÚHLY VŠECH MATERIÁLŮ VE TŘÍSTÉ SEKUNDĚ.....	36
TABULKA 3: VYPOČTENÉ DEFORMACE PO ZJIŠTĚNÍ PRŮMĚRNÝCH ÚHLU A_1 a A_{300}	41
TABULKA 4: PRŮMĚRNÉ ROZDÍLY ZOTAVENÍ MATERIÁLŮ VŮČI M42.....	44

Přílohy

Příloha č. 1.: Charakteristika materiálů

M37	M38
M39	M40
M41	M42
M43	M44

č. 2.: Průměrné úhly všech materiálů měřené ve všech směrech

M37		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø	s	v[%]	95 % IS	
t [S]	1	83,19	88,63	86,26	71,98	82,87	82,00	84,12	89,67	84,38	74,50	80,13	81,77	82,46	4,92	5,97	78,52	86,40
	2	90,32	95,33	94,36	78,51	90,79	91,17	92,54	97,94	90,95	81,21	86,52	88,16	89,82	5,36	5,96	85,53	94,10
	3	93,40	98,20	97,62	81,53	94,09	94,47	95,94	100,91	94,09	84,60	89,39	91,43	92,97	5,34	5,74	88,70	97,24
	4	95,68	100,13	99,76	83,60	96,01	96,23	98,40	102,90	96,02	86,85	91,52	93,43	95,04	5,31	5,58	90,80	99,29
	5	97,28	101,68	101,06	85,10	97,38	97,90	99,94	104,59	97,38	88,33	93,04	94,89	96,55	5,33	5,52	92,29	100,81
	6	98,81	102,83	102,30	86,61	98,76	99,28	101,31	105,70	98,49	89,74	94,32	96,17	97,86	5,24	5,36	93,67	102,05
	7	99,95	103,81	103,08	87,67	99,69	100,34	102,41	106,63	99,48	90,66	95,21	97,17	98,84	5,23	5,29	94,65	103,03
	8	100,79	104,77	103,92	88,61	100,65	101,16	103,32	107,37	100,29	91,42	95,98	97,94	99,68	5,23	5,25	95,50	103,87
	9	101,48	105,38	104,43	89,40	101,46	101,91	104,10	108,03	100,97	92,16	96,54	98,63	100,37	5,20	5,18	96,21	104,54
	10	102,30	105,82	104,97	89,87	102,12	102,55	104,75	108,66	101,52	92,75	97,06	99,19	100,96	5,23	5,18	96,78	105,15
	15	104,76	108,18	107,07	92,31	104,29	104,73	106,93	110,79	103,65	94,96	99,39	101,41	103,21	5,18	5,02	99,06	107,35
	20	106,50	109,52	108,53	94,09	105,91	106,03	108,79	112,19	104,88	96,57	100,70	102,87	104,71	5,13	4,89	100,61	108,81
	25	107,73	110,64	109,59	95,20	107,17	107,05	110,31	113,46	106,06	97,74	101,89	103,99	105,90	5,16	4,87	101,77	110,03
	30	108,92	111,65	110,48	96,28	108,37	108,11	111,06	114,51	107,00	98,62	102,92	104,97	106,91	5,16	4,83	102,78	111,03
	35	110,00	112,25	111,22	97,00	109,32	109,05	111,93	115,28	107,86	99,37	103,74	105,76	107,73	5,17	4,80	103,59	111,87
	40	110,93	112,82	111,82	97,68	110,03	109,75	112,58	115,99	108,58	99,95	104,35	106,51	108,42	5,19	4,79	104,26	112,57
	45	111,70	113,36	112,35	98,19	110,70	110,30	113,11	116,49	109,18	100,49	104,83	107,13	108,99	5,21	4,78	104,82	113,15
	50	112,17	113,86	112,72	98,62	111,24	110,79	113,49	116,95	109,60	101,02	105,26	107,69	109,45	5,20	4,75	105,29	113,61
	55	112,70	114,35	113,19	99,00	111,70	111,22	113,95	117,30	110,00	101,41	105,65	108,13	109,88	5,22	4,75	105,71	114,06
	60	113,12	114,64	113,59	99,45	112,12	111,54	114,38	117,85	110,36	101,76	106,00	108,53	110,28	5,23	4,74	106,09	114,46
	120	115,38	116,86	115,58	101,99	113,84	113,71	117,08	119,79	112,25	104,27	108,39	110,64	112,48	5,10	4,54	108,40	116,57
	180	116,74	118,14	116,98	103,31	115,22	114,83	118,32	120,94	113,57	105,49	109,43	111,97	113,74	5,11	4,49	109,65	117,83
	240	117,97	118,97	117,72	104,19	116,31	115,61	119,32	121,86	114,43	106,39	110,30	112,90	114,66	5,13	4,48	110,55	118,77
	300	118,75	119,51	118,46	105,00	116,96	116,32	119,93	122,49	115,17	107,14	111,07	113,51	115,36	5,08	4,41	111,29	119,43

M38		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	∅	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	83,67	98,59	104,15	93,93	95,14	88,19	77,42	91,62	100,98	92,25	91,63	86,19	91,98	7,16	7,79	86,25	97,71
	2	91,77	105,85	111,59	100,77	99,85	93,55	84,94	97,87	108,43	98,37	97,38	90,77	98,43	7,34	7,46	92,56	104,30
	3	95,28	108,78	115,26	103,85	102,60	96,43	88,56	100,55	111,46	101,54	100,04	93,15	101,46	7,38	7,27	95,56	107,36
	4	97,73	110,89	117,21	105,96	104,39	98,08	90,80	102,40	113,56	103,64	101,70	94,58	103,41	7,41	7,16	97,48	109,34
	5	99,40	112,37	119,04	107,53	105,54	99,39	92,45	104,04	114,98	105,39	102,91	95,73	104,90	7,47	7,12	98,92	110,87
	6	100,62	113,63	120,47	108,92	106,34	100,37	93,68	105,05	116,17	106,71	103,79	96,72	106,04	7,55	7,12	100,00	112,08
	7	101,60	114,65	121,35	109,86	107,19	101,15	94,62	105,80	117,15	107,74	104,68	97,46	106,94	7,59	7,09	100,87	113,01
	8	102,62	115,45	122,12	110,68	107,91	101,86	95,48	106,59	118,01	108,65	105,43	98,15	107,75	7,59	7,04	101,68	113,82
	9	103,38	116,08	122,84	111,36	108,45	102,42	96,29	107,24	118,77	109,22	106,00	98,75	108,40	7,60	7,01	102,32	114,48
	10	104,08	116,70	123,40	111,93	109,00	103,01	96,95	107,82	119,32	109,77	106,55	99,24	108,98	7,58	6,96	102,91	115,05
	15	106,90	119,27	126,04	114,46	111,01	104,98	99,65	110,14	121,98	112,46	108,35	101,67	111,41	7,66	6,87	105,28	117,54
	20	108,86	120,77	127,77	115,98	112,49	106,26	101,36	111,93	123,51	114,03	109,91	103,32	113,02	7,65	6,77	106,90	119,13
	25	110,31	122,15	129,01	117,24	113,49	107,25	102,84	113,16	124,85	115,22	110,94	104,57	114,25	7,66	6,70	108,12	120,38
	30	111,43	123,19	130,09	118,30	114,41	108,09	103,90	114,16	125,75	116,36	111,78	105,49	115,24	7,68	6,67	109,10	121,39
	35	112,43	124,10	130,96	119,22	115,05	108,69	104,75	115,05	126,68	117,33	112,53	106,16	116,08	7,74	6,67	109,89	122,27
	40	113,22	124,86	131,62	119,94	115,66	109,32	105,48	115,72	127,42	118,15	113,21	106,76	116,78	7,76	6,64	110,57	122,99
	45	113,93	125,42	132,20	120,55	116,20	109,78	106,14	116,30	127,99	118,69	113,72	107,26	117,35	7,76	6,62	111,14	123,56
	50	114,55	125,97	132,67	121,02	116,63	110,24	106,69	116,81	128,63	119,22	114,12	107,69	117,85	7,78	6,60	111,63	124,08
	55	115,13	126,45	133,08	121,40	117,04	110,66	107,26	117,26	129,19	119,73	114,51	108,18	118,32	7,77	6,57	112,11	124,54
	60	115,56	126,80	133,39	121,84	117,42	111,15	107,75	117,69	129,65	120,15	114,88	108,50	118,73	7,75	6,53	112,53	124,94
	120	118,36	129,62	136,51	125,33	119,83	113,26	110,54	120,65	132,23	123,03	117,16	110,80	121,44	7,95	6,54	115,08	127,80
	180	119,90	131,19	138,19	127,06	121,10	114,57	112,35	122,12	133,71	124,70	118,51	112,04	122,95	8,02	6,52	116,54	129,37
	240	120,94	132,24	139,36	128,32	121,85	115,46	113,40	123,38	134,70	126,00	119,39	112,91	124,00	8,09	6,52	117,52	130,47
	300	121,69	133,09	140,17	129,17	122,43	116,08	114,15	124,19	135,49	126,98	120,19	113,64	124,77	8,14	6,52	118,26	131,28

M39		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	69,73	88,23	94,80	81,25	85,83	80,98	67,94	84,80	88,81	85,12	85,70	86,61	83,32	7,33	8,80	77,45	89,18
	2	77,14	94,67	102,01	89,01	92,03	86,91	74,26	92,37	96,46	92,23	92,54	91,17	90,06	7,38	8,20	84,16	95,97
	3	81,08	97,58	105,16	92,02	94,64	89,75	77,73	95,56	99,72	95,65	95,20	93,27	93,11	7,20	7,73	87,35	98,87
	4	83,24	99,83	107,14	94,39	96,40	91,21	79,75	97,60	101,70	97,49	97,02	94,89	95,06	7,19	7,56	89,30	100,81
	5	85,02	101,37	108,64	95,84	97,74	92,58	81,39	99,28	103,06	98,87	98,44	96,11	96,53	7,12	7,38	90,83	102,23
	6	86,36	102,63	109,92	96,88	98,68	93,50	82,80	100,38	104,19	100,12	99,42	97,03	97,66	7,08	7,25	91,99	103,33
	7	87,32	103,54	110,81	97,84	99,41	94,28	83,86	101,23	105,16	101,15	100,20	97,81	98,55	7,06	7,16	92,90	104,20
	8	88,28	104,41	111,68	98,62	99,99	94,92	84,71	101,92	106,04	102,08	100,92	98,57	99,34	7,05	7,10	93,70	104,99
	9	88,91	105,09	112,34	99,25	100,49	95,46	85,36	102,54	106,78	102,89	101,48	99,15	99,98	7,07	7,08	94,32	105,64
	10	89,49	105,59	112,94	99,78	100,94	95,99	86,02	103,05	107,39	103,64	101,97	99,60	100,53	7,07	7,03	94,87	106,19
	15	92,25	107,99	115,63	102,80	103,27	98,08	88,98	105,49	109,94	105,99	103,84	101,49	102,98	6,99	6,79	97,38	108,57
	20	94,59	109,99	117,01	104,41	104,59	99,25	90,68	107,10	111,43	107,53	105,14	102,83	104,54	6,90	6,60	99,03	110,06
	25	96,24	111,33	119,10	105,72	105,68	100,28	91,98	108,37	112,70	108,80	106,47	103,91	105,88	7,00	6,61	100,28	111,48
	30	97,35	112,46	120,44	106,75	106,49	101,18	92,97	109,39	113,79	109,79	107,38	104,72	106,89	7,07	6,61	101,24	112,55
	35	98,28	113,26	121,42	107,49	107,19	101,92	93,79	110,12	114,72	110,78	108,07	105,28	107,69	7,10	6,60	102,01	113,38
	40	99,00	113,96	122,09	108,20	107,78	102,56	94,47	110,80	115,52	111,59	108,75	105,78	108,38	7,12	6,57	102,68	114,07
	45	99,52	114,59	122,66	108,75	108,23	103,01	95,10	111,43	116,20	112,25	109,15	106,22	108,92	7,15	6,56	103,20	114,64
	50	100,05	115,13	123,15	109,22	108,70	103,41	95,66	111,95	116,72	112,87	109,54	106,58	109,42	7,16	6,54	103,69	115,14
	55	100,48	115,55	123,56	109,69	109,02	103,81	96,13	112,35	117,24	113,42	109,92	106,94	109,84	7,16	6,52	104,11	115,57
	60	100,98	115,88	123,95	110,10	109,35	104,16	96,56	112,80	117,63	113,77	110,33	107,32	110,24	7,15	6,48	104,52	115,95
	120	103,92	118,92	127,13	112,82	111,14	105,71	99,91	115,84	120,55	116,30	112,63	109,07	112,83	7,28	6,45	107,00	118,65
	180	105,92	120,65	128,60	114,32	112,40	106,64	101,74	117,40	122,30	117,89	113,89	110,34	114,34	7,29	6,37	108,51	120,17
	240	107,17	121,64	129,57	115,52	113,28	107,32	102,89	118,49	123,29	119,01	114,85	111,17	115,35	7,28	6,32	109,52	121,18
	300	108,09	122,49	130,42	116,34	113,90	107,95	103,74	119,28	124,15	119,73	115,48	111,75	116,11	7,31	6,30	110,26	121,96

M40		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	81,00	101,36	113,63	102,01	94,47	90,26	85,40	95,60	112,54	97,50	86,61	82,97	95,28	10,31	10,82	87,03	103,53
	2	89,63	107,55	121,08	110,98	100,65	96,14	90,95	103,14	119,23	104,37	92,30	89,23	102,10	10,60	10,38	93,62	110,58
	3	93,12	110,95	124,20	114,48	103,24	99,08	93,54	105,81	121,95	107,77	94,90	91,73	105,06	10,72	10,20	96,49	113,64
	4	95,37	112,67	126,33	116,73	104,96	100,78	95,58	107,51	123,86	109,92	96,50	93,39	106,97	10,79	10,09	98,33	115,60
	5	96,99	114,12	127,89	118,33	106,40	101,89	97,13	109,04	125,39	111,15	97,80	94,57	108,39	10,86	10,02	99,70	117,08
	6	98,35	115,35	128,90	119,67	107,45	102,83	98,35	110,13	126,42	112,22	98,75	95,53	109,49	10,86	9,92	100,80	118,19
	7	99,33	116,30	129,77	120,58	108,21	103,63	99,32	111,22	127,20	113,06	99,56	96,25	110,37	10,87	9,85	101,67	119,06
	8	100,22	117,10	130,45	121,49	108,83	104,27	100,36	111,78	127,84	113,74	100,23	96,88	111,10	10,85	9,76	102,42	119,78
	9	100,94	117,78	131,04	122,28	109,36	104,80	101,10	112,41	128,38	114,50	100,94	97,43	111,75	10,84	9,70	103,07	120,42
	10	101,62	118,37	131,59	122,95	109,77	105,23	101,65	112,98	128,84	115,43	101,43	97,90	112,31	10,86	9,67	103,62	121,00
	15	104,25	120,32	134,48	125,34	111,91	107,69	104,21	114,95	131,27	118,07	103,40	99,89	114,65	10,97	9,57	105,87	123,43
	20	105,78	121,82	135,94	126,86	113,25	108,92	105,76	116,74	132,78	119,74	104,78	101,29	116,14	11,01	9,48	107,33	124,95
	25	107,01	123,24	136,97	128,08	114,28	109,79	106,97	117,96	133,67	120,99	105,75	102,40	117,26	11,01	9,39	108,45	126,07
	30	108,12	124,19	137,78	129,21	115,08	110,51	107,95	119,07	134,50	121,99	106,60	103,24	118,19	11,01	9,32	109,37	127,00
	35	108,97	124,88	138,43	129,93	115,66	111,19	108,83	119,76	135,19	122,86	107,27	104,01	118,92	10,98	9,23	110,13	127,70
	40	109,63	125,38	138,89	130,68	116,18	111,70	109,49	120,37	135,80	123,46	107,78	104,61	119,50	10,98	9,19	110,72	128,28
	45	110,31	125,85	139,29	131,15	116,64	112,18	110,00	120,94	136,26	123,99	108,31	105,13	120,00	10,94	9,12	111,25	128,76
	50	110,88	126,22	139,72	131,61	117,04	112,54	110,46	121,44	136,76	124,47	108,85	105,59	120,46	10,93	9,07	111,72	129,21
	55	111,37	126,55	140,08	132,10	117,43	112,94	110,92	121,83	137,15	124,99	109,21	106,10	120,89	10,91	9,03	112,16	129,62
	60	111,76	126,86	140,50	132,56	117,79	113,32	111,34	122,34	137,56	125,46	109,60	106,48	121,30	10,92	9,00	112,56	130,04
	120	114,89	129,38	143,31	135,00	119,75	115,72	113,77	125,00	139,99	128,00	111,39	108,14	123,69	11,10	8,97	114,81	132,58
	180	116,38	130,78	144,74	136,49	120,97	117,14	115,22	126,42	141,46	129,63	112,54	109,28	125,09	11,18	8,94	116,14	134,03
	240	117,37	131,75	145,54	137,39	121,84	118,11	116,07	127,52	142,34	130,75	113,39	110,05	126,01	11,19	8,88	117,05	134,96
	300	118,17	132,50	146,15	138,09	122,50	118,77	116,83	128,47	143,02	131,52	114,07	110,75	126,74	11,18	8,82	117,79	135,68

M41		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	74,88	84,20	86,01	70,58	79,47	82,93	75,06	82,21	84,78	70,64	80,70	81,28	79,39	5,12	6,45	75,29	83,49
	2	82,91	91,73	92,85	75,33	86,31	90,62	82,54	89,49	92,55	78,05	85,94	87,57	86,33	5,45	6,31	81,97	90,68
	3	86,56	95,18	95,73	78,58	89,25	93,66	86,05	92,83	95,85	81,33	88,64	90,55	89,52	5,39	6,02	85,21	93,83
	4	88,86	97,35	97,65	80,65	90,96	95,62	88,46	94,97	98,17	83,63	90,24	92,58	91,59	5,36	5,85	87,31	95,88
	5	90,64	98,88	98,97	82,15	92,37	97,31	90,33	96,41	99,66	85,11	91,37	94,08	93,11	5,34	5,73	88,84	97,37
	6	91,89	100,06	100,12	83,29	93,59	98,49	91,72	97,67	100,84	86,49	92,56	95,24	94,33	5,31	5,62	90,09	98,58
	7	93,01	101,12	101,02	84,23	94,47	99,57	93,07	98,77	101,83	87,28	93,46	96,21	95,34	5,34	5,60	91,07	99,61
	8	93,94	101,96	101,86	85,04	95,17	100,46	94,21	99,57	102,66	88,00	94,20	96,93	96,17	5,35	5,56	91,89	100,44
	9	94,79	102,64	102,54	85,90	95,80	101,21	95,21	100,23	103,40	88,63	94,86	97,69	96,91	5,32	5,49	92,65	101,16
	10	95,65	103,40	103,17	86,43	96,37	102,05	95,89	100,74	104,12	89,48	95,43	98,40	97,59	5,33	5,46	93,33	101,86
	15	98,56	105,86	104,76	88,51	98,07	104,05	97,99	102,99	106,44	91,81	97,22	100,63	99,74	5,32	5,34	95,48	104,00
	20	100,55	107,58	106,52	90,10	99,20	105,29	99,70	104,57	107,82	93,18	98,60	102,30	101,28	5,35	5,28	97,01	105,56
	25	101,88	108,96	107,54	91,26	100,06	106,49	101,33	105,93	108,97	94,31	99,77	103,63	102,51	5,37	5,24	98,21	106,81
	30	103,11	110,10	108,68	92,00	100,70	107,59	102,54	107,14	110,43	95,32	100,77	104,72	103,59	5,52	5,33	99,18	108,01
	35	104,19	111,06	109,35	93,05	101,46	108,44	103,59	107,89	111,17	96,20	101,65	105,54	104,46	5,46	5,22	100,10	108,83
	40	105,04	111,69	110,09	93,77	102,12	109,14	104,51	108,65	111,90	96,98	102,38	106,30	105,21	5,44	5,17	100,86	109,57
	45	105,94	112,38	110,72	94,51	102,76	109,88	105,30	109,35	112,71	97,47	102,91	107,04	105,91	5,48	5,18	101,53	110,30
	50	106,55	112,78	111,28	95,16	103,30	110,41	105,90	109,91	113,06	98,17	103,39	107,47	106,45	5,41	5,08	102,12	110,78
	55	107,10	113,43	111,82	95,68	103,87	110,97	106,43	110,54	113,60	98,46	103,77	107,94	106,97	5,47	5,11	102,59	111,34
	60	107,80	114,04	112,11	96,10	104,33	111,68	107,01	110,90	114,03	98,81	104,22	108,38	107,45	5,50	5,12	103,05	111,85
	120	111,20	116,80	115,00	98,51	106,16	114,20	109,89	113,61	116,40	101,33	106,32	110,79	110,02	5,63	5,12	105,51	114,52
	180	113,06	118,50	116,47	99,88	107,60	115,63	111,87	115,13	117,83	102,77	107,54	112,08	111,53	5,69	5,11	106,97	116,09
	240	114,16	119,57	117,36	101,03	108,80	116,73	113,20	116,26	118,97	104,05	108,65	113,30	112,67	5,65	5,01	108,16	117,19
	300	115,12	120,52	118,25	102,04	109,81	117,47	114,42	117,30	119,98	105,19	109,71	114,15	113,66	5,60	4,92	109,18	118,14

M42		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	∅	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	92,82	105,44	113,79	103,88	96,08	91,67	83,29	95,22	108,81	105,12	92,18	91,18	98,29	8,57	8,72	91,44	105,15
	2	98,76	109,49	118,70	110,12	101,41	98,16	89,47	102,35	114,36	111,36	98,16	96,62	104,08	8,24	7,92	97,48	110,68
	3	102,20	112,01	121,38	113,32	103,87	101,01	92,86	105,04	117,22	114,27	100,94	99,12	106,94	8,17	7,64	100,40	113,47
	4	104,18	113,46	123,16	115,27	105,46	103,10	95,17	106,87	119,36	116,36	102,65	100,87	108,83	8,13	7,47	102,32	115,33
	5	106,13	114,86	124,56	116,92	106,76	104,49	96,94	108,07	120,88	117,93	103,95	102,19	110,31	8,12	7,36	103,81	116,80
	6	107,39	115,86	125,61	117,83	107,67	105,65	98,06	109,41	121,87	118,94	105,09	103,26	111,39	8,07	7,24	104,93	117,84
	7	108,58	116,78	126,58	118,68	108,62	106,60	99,04	110,39	122,72	119,74	106,04	104,13	112,33	8,03	7,15	105,90	118,75
	8	109,28	117,43	127,31	119,70	109,31	107,44	99,99	111,27	123,57	120,44	106,82	104,74	113,11	8,03	7,10	106,69	119,53
	9	110,27	118,17	127,93	120,60	109,98	108,15	100,94	112,05	124,14	121,16	107,50	105,35	113,85	7,98	7,01	107,47	120,24
	10	110,82	118,76	128,51	121,20	110,65	108,88	101,64	112,60	124,60	121,67	108,03	106,20	114,46	7,92	6,92	108,13	120,80
	15	113,46	120,66	130,54	123,63	112,47	110,78	104,00	114,90	126,74	123,98	109,90	107,72	116,56	7,98	6,84	110,18	122,95
	20	114,89	121,98	132,27	125,08	113,62	112,64	105,69	116,71	128,18	125,34	111,29	109,00	118,06	7,98	6,76	111,67	124,44
	25	116,37	123,19	133,42	126,43	114,70	113,81	107,22	117,82	129,36	126,51	112,37	109,98	119,26	7,97	6,68	112,89	125,64
	30	117,46	124,09	134,49	127,36	115,69	114,77	108,36	118,77	130,23	127,51	113,27	110,84	120,24	7,96	6,62	113,87	126,60
	35	118,42	124,87	135,52	128,21	116,38	115,42	109,44	119,80	130,91	128,31	114,00	111,46	121,06	7,98	6,59	114,68	127,44
	40	119,16	125,59	136,39	128,98	116,89	116,14	110,13	120,65	131,53	128,93	114,72	112,13	121,77	8,00	6,57	115,36	128,17
	45	119,75	126,14	136,89	129,49	117,41	116,56	110,67	121,29	131,96	129,41	115,23	112,71	122,29	7,98	6,53	115,91	128,68
	50	120,35	126,71	137,51	130,10	117,72	117,01	111,27	121,93	132,43	129,77	115,74	113,18	122,81	8,00	6,51	116,41	129,21
	55	120,72	127,20	137,92	130,52	118,20	117,44	111,87	122,37	132,83	130,14	116,12	113,59	123,24	7,97	6,47	116,86	129,62
	60	121,13	127,66	138,49	131,07	118,67	117,86	112,39	123,09	133,11	130,76	116,47	113,95	123,72	8,00	6,47	117,32	130,12
	120	123,83	130,07	140,78	133,25	120,36	119,54	115,43	127,81	135,64	133,08	118,45	115,48	126,14	8,12	6,44	119,65	132,64
	180	125,35	131,58	142,16	134,52	121,49	120,86	117,09	129,29	137,04	134,30	119,79	116,71	127,51	8,12	6,37	121,02	134,01
	240	126,39	132,48	143,12	135,77	122,38	121,96	118,09	130,47	138,18	135,06	120,64	117,42	128,49	8,17	6,36	121,96	135,03
	300	127,25	133,38	144,03	136,66	123,07	122,60	118,88	131,17	139,04	135,58	121,18	118,16	129,25	8,23	6,36	122,67	135,83

M43		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Ø	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	82,93	102,14	109,18	96,88	84,68	83,85	82,76	98,29	110,70	92,54	82,83	85,39	92,68	10,09	10,89	84,61	100,75
	2	89,78	107,52	114,30	102,08	90,89	90,31	89,22	103,95	115,61	98,86	88,65	90,40	98,46	9,64	9,79	90,75	106,18
	3	93,05	110,64	116,88	105,10	93,50	92,92	92,33	106,74	118,11	101,40	91,38	92,65	101,22	9,61	9,50	93,53	108,92
	4	95,44	112,09	118,60	106,87	95,41	94,60	94,44	108,61	119,80	103,43	93,29	94,35	103,08	9,50	9,21	95,48	110,68
	5	96,96	113,20	119,69	108,28	96,71	95,81	96,13	110,01	121,02	104,72	94,45	95,46	104,37	9,44	9,04	96,82	111,92
	6	98,14	114,01	120,57	109,46	97,66	96,87	97,20	110,86	121,91	105,74	95,37	96,38	105,35	9,39	8,91	97,83	112,86
	7	99,08	114,76	121,31	110,41	98,37	97,65	98,20	111,74	122,62	106,55	96,25	97,07	106,17	9,36	8,82	98,68	113,66
	8	99,87	115,43	121,85	111,08	98,95	98,31	99,04	112,39	123,20	107,25	96,92	97,75	106,84	9,31	8,72	99,38	114,29
	9	100,53	115,97	122,30	111,67	99,36	98,82	99,68	112,88	123,80	107,89	97,54	98,34	107,40	9,30	8,66	99,96	114,84
	10	101,13	116,49	122,67	112,05	99,89	99,35	100,31	113,29	124,22	108,44	98,05	98,84	107,89	9,24	8,56	100,50	115,29
	15	103,90	119,09	124,85	114,34	102,33	101,23	102,92	115,67	126,54	110,99	100,03	100,91	110,23	9,28	8,42	102,81	117,66
	20	105,55	120,80	126,27	115,95	103,83	102,77	104,68	117,08	127,85	112,51	101,60	102,30	111,77	9,23	8,26	104,38	119,15
	25	106,78	121,72	127,41	117,30	104,74	103,88	106,01	118,25	128,92	113,54	102,59	103,36	112,88	9,24	8,18	105,49	120,27
	30	107,62	122,52	128,11	118,33	105,54	104,67	106,94	118,89	129,67	114,43	103,34	104,22	113,69	9,21	8,10	106,32	121,06
	35	108,46	123,15	128,63	119,03	106,16	105,31	107,64	119,45	130,27	115,22	103,95	104,91	114,35	9,17	8,02	107,01	121,69
	40	109,10	123,71	129,07	119,52	106,65	105,72	108,20	119,90	130,80	115,84	104,53	105,51	114,88	9,15	7,97	107,56	122,20
	45	109,66	124,15	129,45	119,97	107,13	106,21	108,73	120,35	131,30	116,29	104,94	105,88	115,34	9,15	7,93	108,02	122,66
	50	110,15	124,49	129,77	120,30	107,44	106,57	109,21	120,73	131,66	116,68	105,29	106,23	115,71	9,13	7,89	108,41	123,01
	55	110,59	124,88	130,05	120,68	107,84	107,00	109,56	121,04	131,99	117,06	105,68	106,63	116,08	9,10	7,84	108,81	123,36
	60	110,99	125,18	130,34	120,97	108,12	107,33	109,92	121,36	132,26	117,33	105,96	106,93	116,39	9,08	7,80	109,12	123,66
	120	113,64	127,84	132,98	123,68	110,56	109,09	112,48	123,97	134,46	119,80	108,12	108,78	118,78	9,23	7,77	111,40	126,17
	180	115,31	129,01	134,43	125,19	111,80	110,28	114,02	125,40	135,62	121,08	109,31	109,91	120,11	9,25	7,70	112,71	127,51
	240	116,34	129,83	135,26	126,14	112,66	111,04	115,12	126,28	136,35	121,98	110,02	110,69	120,98	9,24	7,64	113,58	128,37
	300	117,01	130,49	135,84	126,75	113,28	112,01	115,91	126,84	136,86	122,53	110,58	111,13	121,60	9,20	7,56	114,24	128,96

M44		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	;	∅	s	v[%]	95 % IS	
t [s]	1	79,77	101,41	108,53	102,61	93,88	88,97	78,34	99,67	107,99	102,77	92,70	88,60	95,44	9,68	10,14	87,69	103,18
	2	89,65	107,81	116,08	109,49	99,66	96,02	85,39	104,86	113,05	109,84	96,49	93,18	101,79	9,39	9,22	94,28	109,30
	3	93,52	111,08	119,71	112,55	102,73	98,79	89,39	107,64	115,68	113,13	98,83	95,45	104,87	9,33	8,90	97,40	112,34
	4	95,96	113,08	121,81	114,37	104,52	100,75	91,38	109,61	117,36	115,10	100,40	97,23	106,80	9,31	8,72	99,35	114,25
	5	97,76	114,57	123,49	116,00	105,95	102,06	93,06	111,17	118,62	116,64	101,67	98,42	108,28	9,32	8,61	100,82	115,74
	6	99,35	115,97	124,71	117,10	106,86	103,28	94,42	112,32	119,58	117,77	102,73	99,45	109,46	9,27	8,47	102,04	116,88
	7	100,48	116,95	125,64	117,95	107,63	104,12	95,36	113,18	120,42	118,65	103,42	100,30	110,34	9,27	8,40	102,93	117,76
	8	101,42	117,70	126,37	118,64	108,37	104,97	96,48	114,00	121,04	119,32	103,89	100,87	111,09	9,21	8,29	103,72	118,46
	9	102,25	118,28	126,94	119,33	108,96	105,57	97,27	114,60	121,66	119,85	104,40	101,52	111,72	9,16	8,20	104,39	119,05
	10	103,01	118,77	127,49	120,13	109,57	106,46	97,92	115,12	122,27	120,38	104,83	102,13	112,34	9,13	8,13	105,03	119,65
	15	105,95	121,40	129,84	122,66	111,67	108,42	100,56	117,95	125,08	122,93	106,73	104,06	114,77	9,24	8,05	107,38	122,17
	20	107,76	123,36	131,50	124,29	113,22	109,64	102,40	119,61	126,69	124,42	108,12	105,63	116,39	9,27	7,96	108,97	123,80
	25	109,29	124,63	132,90	125,45	114,43	110,60	103,81	120,79	127,89	125,66	109,16	106,64	117,60	9,29	7,90	110,17	125,04
	30	110,43	125,76	133,87	126,44	115,29	111,45	104,95	121,94	128,90	126,69	110,00	107,47	118,60	9,32	7,86	111,14	126,05
	35	111,47	126,90	134,65	127,34	116,03	112,11	105,87	122,88	129,77	127,49	110,80	108,19	119,46	9,34	7,82	111,98	126,93
	40	112,29	127,73	135,26	128,07	116,60	112,65	106,66	123,63	130,45	128,16	111,40	108,64	120,13	9,37	7,80	112,63	127,62
	45	113,01	128,29	135,85	128,57	117,01	113,14	107,36	124,34	131,01	128,67	111,83	109,09	120,68	9,37	7,76	113,18	128,18
	50	113,70	128,73	136,28	129,06	117,43	113,55	107,87	124,95	131,57	129,09	112,27	109,54	121,17	9,36	7,73	113,68	128,66
	55	114,24	129,17	136,65	129,51	117,80	114,00	108,39	125,30	132,01	129,55	112,68	109,97	121,60	9,34	7,68	114,13	129,08
	60	114,68	129,94	137,07	129,86	118,08	114,32	108,80	125,71	132,44	129,88	113,03	110,35	122,01	9,38	7,69	114,51	129,52
	120	117,57	132,72	139,63	132,41	120,35	116,86	112,39	128,63	135,30	132,65	115,19	112,39	124,67	9,41	7,55	117,14	132,20
	180	119,02	134,38	141,25	134,00	121,86	118,25	113,97	130,02	136,75	134,02	116,48	113,65	126,14	9,47	7,51	118,56	133,72
	240	120,25	135,28	142,39	135,17	122,83	119,47	115,12	131,06	137,67	134,89	117,43	114,69	127,19	9,44	7,42	119,64	134,74
	300	121,29	136,08	143,29	136,08	123,42	120,27	115,99	131,78	138,35	135,70	118,13	115,53	127,99	9,43	7,37	120,44	135,54